Behandlungsergebnisse bei mit intramedullären Metallimplantaten operativ versorgten Ober- und Unterschenkelbrüchen unter besonderer Berücksichtigung der Fehlergebnisse nach KÜNTSCHER-Nagelung

JOSEF A. RICHTER

1963

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546019_0031

Aus dem Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus
Murnau/Obb.

Chefarzt: Professor Dr. med. A. LOB

Behandlungsergebnisse bei mit intramedullären Metallimplantaten operativ versorgten Ober- und Unterschenkelbrüchen unter besonderer Berücksichtigung der Fehlergebnisse nach KÜNTSCHER-Nagelung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Josef A. Richter
aus Pécs

München 1967

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. med. A. Lob
Mitberichterstatter:	Professor Dr. Dr. h.c.R.Zenker
Dekan:	Professor Dr. med. F. Holle

Tag der mündlichen Prüfung: 3.10.1967

UNIV. LEIDEN BIBL.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A.	Allgemeiner Teil	
I.	Einleitung	3
	Die Bedeutung der Unfallchirurgie und der sozialen Unfallversicherung	
II.	Die Geschichte der Marknagelung	4
III.	Die stabile Osteosynthese	7
	1. Definitionen der stabilen Osteosynthese	8
	2. Die "primäre Knochenbruchheilung" nach absolut stabiler Osteosynthese	12
B.	Kritische Untersuchung der während der Zeit von 1953 bis einschließlich 1965 im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Murnau zur stationären Aufnahme gelangten meist außerhalb operativ vorbehandelten und mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und in Falschgelenkbildung ausgeheilten Ober- und Unterschenkelbrüche	15
I.	Übersicht über die vorliegenden Verletzungsarten	
	1. Oberschenkel	17
	2. Unterschenkel	24
II.	Indikation zur Marknagelung	33
	1. Allgemeine Indikation	33
	2. Marknagelung des offenen Bruches	37

Seite

C. Spezieller Teil

I. Gefahren und Fehler bei der operativen Frakturbehandlung mit intramedullären Metallimplantaten 38

1. Fettembolie 41
2. Infektion 42
3. Intrapperative Komplikationen 44
   a) Sprengung des Knochenrohres 44
   b) Verletzung des Hüftgelenkes bei der Oberschenkelmarknagelung 55
4. Bruch und Verbiegung des Marknagels als Spätkomplikation 60
5. Die Korrosion und Metallose bei der Metallosteosynthese 66
6. KÜNTSCHER-Nagelung mit zusätzlicher Drahtumschlingung 70
7. Achsen- und Drehfehlstellungen nach Marknagelung 74

D. Zusammenfassung 79

E. Literaturverzeichnis 81

A. Allgemeiner Teil

I. Einleitung

Durch die Zunahme der Verkehrsdichte und Industrialisierung ergibt sich eine steigende Zahl von Straßenverkehrs- und Arbeitsunfällen. Auf den Straßen der Welt kommen nach Angaben der Weltgesundheits-Organisation jährlich rund 365 000 Menschen ums Leben. Die Berufsgenossenschaften sind als Träger der sozialen Unfallversicherung in Deutschland bemüht, durch Unfallverhütungsvorschriften und Sicherheitsmaßnahmen die Unfallziffer so niedrig wie nur möglich zu halten. Trotzdem nimmt die Zahl der Verletzten ständig zu und es ist die wichtigste Aufgabe der Berufsgenossenschaften, beste Voraussetzung für die fachgerechte Erst- oder Spätversorgung der Verletzten zu schaffen. Mit altbewährten und neueren konservativen und operativen Behandlungsmethoden können die meisten Verletzten soweit wiederhergestellt werden, daß sie wieder in den Arbeitsprozeß eingegliedert werden können. Um in möglichst kurzer Zeit ein gutes Behandlungsergebnis zu erreichen, wird unter anderem bei den Verletzten mit Ober- und Unterschenkelbrüchen die operative Knochenbruchbehandlung unter Anwendung von intramedullär plazierten Metallimplantaten durchgeführt.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Behandlungsergebnisse bei den in der Zeit von 1953 bis 1965 im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Murnau zur stationären Aufnahme gelangten, vorwiegend auswärts mit intramedullären Metallimplantaten behandelten Patienten, die einen Ober- oder Unterschenkelbruch gehabt haben. Die Krankengeschichten und Röntgenaufnahmen von insgesamt 1 162 Oberschenkel- und 3 178 Unterschenkelbrüchen wurden gesichtet und dabei die 150 mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und dann mit Falschgelenkbildung ausgeheilten Ober- und Unterschenkelbrüche besonders kritisch ausgewertet. Nach den Ursachen der festgestellten therapeutischen Fehlergebnisse wurde gefahndet. Die Dauer der stationären Behandlung und die Anzahl der operativen Eingriffe bei den einzelnen Verletzten sollen unter Berücksichtigung der Komplikation bei der operativen Knochenbruchbehandlung die Problematik der intramedullären Fragmentfixation beleuchten.

II. Die Geschichte der Marknagelung

Bereits in der Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden von den deutschen Chirurgen DIEFFENBACH und v. LANGENBECK Schenkelhalsbrüche genagelt. Da die Behandlungsergebnisse unbefriedigend waren, haben SMITH und PETERSEN eine neue Operationsmethode unter Anwendung des von ihnen ent-

wickelten Schenkelhalsnagels veröffentlicht. SVEN JOHANNSEN verbesserte später diesen SMITH-PETERSEN-Nagel.

Für die Brüche der langen Röhrenknochen sind von NIKOLAYSEN, von DELBET und von LAMBOTTE in der Zeit von 1897 bis 1906 Vorrichtungen zur intramedullären Fragmentfixation angegeben worden, die alle eine oft sehr fragwürdige innere Schienung bewirkten. 1913 benutzte SCHÖNE duktile Silberstäbe zur Behandlung von Unterarmbrüchen. HEY GROVES behandelte Oberschenkel- und Ellenbrüche mittels massiver Metallstäbe. MÜLLER-MEERNACH berichtete 1933 über ein ähnliches Vorgehen. JOLY (1935), DENIS (1937) und LAMBRINUDI (1940) verwendeten massive Stahldrähte. Die von den Gebrüdern RUSH 1927 entwickelten und in der Längsrichtung federnden Metallstäbe unterscheiden sich grundsätzlich vom Marknagel, da die Metallstäbe der Markhöhlenwand nur an bestimmten Punkten anliegen. Bei allen Methoden der operativen Behandlung der Knochenbrüche mit der inneren Schienung fehlte das Prinzip der KÜNTSCHER-Nagelung, nämlich die elastische Verklemmung des Marknagels in der Markhöhle. Lediglich die Nagelmethoden von SCHÖNE, MÜLLER-MEERNACH und RISSLER haben eine größere Verbreitung gefunden. Sie waren Vorläufer der KÜNTSCHER-Marknagelung. Hierbei wurden Bolzen aus Elfenbein oder Knochen zur Vereinigung von Schaftbrüchen verwendet. Der Bolzen brach meistens, da er zu schwach war.

Das Verfahren der KÜNTSCHER-Nagelung wurde 1940 auf dem Deutschen Chirurgenkongreß in Berlin vorgetragen. Die KÜNTSCHER-Nagelung wurde aber wegen der schlechten Erfahrungen, die man mit ähnlichen Methoden bisher gemacht hatte, vorerst mit Entrüstung von prominenten Chirurgen abgelehnt. Doch bald verdrängte der KÜNTSCHER-Nagel alle anderen Osteosynthesemittel und die Methode fand Anerkennung und weiteste Verbreitung. Als die ersten Erfolge der KÜNTSCHER-Nagelung veröffentlicht wurden, tat kein geringerer als L. BÖHLER den Ausspruch: "Wenn ich das nächste Mal ins Feld ziehe, werde ich KÜNTSCHER-Nägel mitnehmen !" Wenn auch die besonderen Verhältnisse der Kriegsverletzungen diese Begeisterung alsbald dämpften (HÄBLER), so blieb ein Fortschritt der Osteosynthese doch unverkennbar. 1950 führte KÜNTSCHER die Aufbohrung der Markhöhle mit langen starren und 1954 mit geführten flexiblen Bohrern ein, wodurch die Kontaktnahme des Nagels mit der Knochenrinde erheblich verbessert wurde.

Inzwischen ist eine Entwicklung eingetreten, welche das Feld der Möglichkeiten zur Osteosynthese in erheblichem Umfang erweitert hat. Die Osteosynthese ermöglicht eine sichere Knochenbruchheilung und zudem die frühzeitige selbsttätige Bewegungsübung für die der Fraktur benachbarten Gelenke, wodurch die stationäre Behandlungszeit verkürzt wird.

Die Vorteile der Marknagelung für das Behandlungsergebnis im Vergleich zu den anderen konservativen und operativen Methoden der Knochenbruchbehandlung sind bekannt. Eine erfolgreiche Nagelung ist aber nur möglich, wenn man die von KÜNTSCHER angegebene Technik genau befolgt. Die Anwendung eines Marknagels mit einer anderen als der von KÜNTSCHER angegebenen Technik berechtigt überhaupt nicht von einer KÜNTSCHER-Nagelung zu sprechen ! Grundsätzlich muß mit der Marknagelung eine stabile Osteosynthese erreicht werden.

III. Die stabile Osteosynthese

In der Frakturbehandlung bezweckte die Osteosynthese bis vor wenigen Jahren lediglich die Fixierung der Fragmente in Repositionsstellung. Dadurch wurden die Achsenfehlstellungen vermieden. Als Beispiel für diese "Adaptations-Osteosynthesen" (E. MÜLLER) seien die Drahtumschlingung, die Drahtspickung, die Markdrahtung, die RUSH-Pinnung und die Versorgung eines Bruches mit einem dünnen Marknagel genannt.

Nach einer solchen sogenannten "Minimalvereinigung" (E. MÜLLER) der Bruchfragmente mußten die benachbarten Gelenke oft Monate lang im Gipsverband fixiert werden. Oft war die Heilung der Fraktur verzögert. Falschgelenke,

SUDECKsche Atrophien und Gelenksteifen wurden häufiger beobachtet als bei der Anwendung rein konservativer Verfahren. Schließlich traten nach solchen Nagelungen auch bei geschlossenen Brüchen in beachtlicher Anzahl Knocheninfektionen auf ! Im Gegensatz zur "Adaptationsosteosynthese" sollen bei der stabilen Osteosynthese die Bruchstücke nicht nur einander genähert, sondern auch unverrückbar miteinander verbunden werden. Dann kann frühzeitig die aktive Übungsbehandlung der verletzten Extremität ohne Gefahr einer Verschiebung der Fragmente oder gar einer verzögerten Frakturheilung begonnen werden. Die allgemeine Durchblutung und die Erhaltung der Gelenkfunktion wird gefördert. Da die stabile Osteosynthese auch den Schmerz ausschaltet, kommt es bei sachgemäßer Übungsbehandlung weder zu dystrophischen Störungen noch zu Gelenksteifen oder chronischen Weichteilschwellungen.

1. Welche Definitionen der stabilen Osteosynthese wurden bisher gegeben ?

CHIARI und SPENGLER sprechen bei der Marknagelung von einer stabilen Osteosynthese, wenn der Nagel wegen seiner guten Stabilität auch bei stärkster physiologischer Belastung nicht nachgibt und so eine sofortige und uneingeschränkte Bewegungsstabilität ermöglicht. WANKE, MAATZ,

JUNGE und LENTZ führen in der neuesten Auflage ihres Buches "Knochenbrüche und Verrenkungen" an, daß kein abstützender Verband erforderlich ist, wenn die Fragmente durch die Osteosynthese stabil miteinander verbunden sind. Nach WELLER gilt eine Osteosynthese dann als stabil, wenn sie trotz durchgeführten aktiven Bewegungsbehandlungen während der gesamten Dauer der Bruchheilung fest bleibt. HACKETHAL beschäftigt sich in seinem Buch "Die Bündelnagelung" ebenfalls mit der stabilen Osteosynthese. Als stabil charakterisiert er eine Markschienung (bezogen auf die Bündelnagelung), wenn bei der Stabilitätsprüfung die angewendeten Kräfte, wie sie im Rahmen der planmäßigen Übungsbehandlung maximal einwirken, zu keiner oder lediglich zu einer geringen elastischen Verformung der Metallimplantate führen.

Diese Definitionen beinhalten als Kriterium für die stabile Osteosynthese die Tatsache, daß das Implantat für die Dauer der Knochenbruchheilung den verschiedenartigen Krafteinwirkungen standhält. Nach J. REHM und D. UEBING müssen bei der stabilen Osteosynthese folgende Faktoren berücksichtigt werden:

a) Welchen einwirkenden Kräften sollen die bei der Osteosynthese verwendeten Metallimplantate standhalten ?

b) Wie muß das Fixationsmittel beschaffen sein und welche Bedingungen müssen im Hinblick auf Form und Lokalisation des Bruches und die Vereinigung des Fixationsmittels mit beiden Fragmenten gegeben sein ?

c) Welche Bedingungen müssen in Bezug auf die Dauer der Bruchheilung erfüllt werden ?

Einwirkende Kräfte

Die einwirkenden statischen und dynamischen Kräfte beanspruchen den Knochen im Sinne einer "Zerknickung" (KÜNTSCHER). An der Vereinigungsstelle des Nagels und der Fragmente treten Biege-, Scher-, Distraktions-, Rotations- und Stauchungskräfte auf. Nach REHM muß zur Erhaltung der mechanischen und geometrischen Verhältnisse am Bruchspalt das Fixationsmittel alle diese Kräfte sowohl einzeln, als auch überlagert abfangen, um die durch sie drohenden Verschiebungen auch kleinsten Ausmaßes zu verhindern. Den Stauchungskräften wird gerade im Zusammenhang mit der Marknagelung eine die Kallusbildung begünstigende Wirkung zugeschrieben (HÄBLER 1944, L. BÖHLER 1945, ZOHLEN 1952). Inzwischen hat sich aber gezeigt, daß eine optimale Grundlage für die Bruchheilung nur bei zusätzlich absoluter mechanischer Ruhe gegeben ist.

Die Beziehung zwischen Fixationsmittel, Form und Lokalisation der Fraktur

Um eine stabile Osteosynthese erzielen zu können, muß in einem möglichst großem Bereich eine wandschlüssige Verbindung zwischen Corticalis und Nagel bestehen, damit die Fläche der aufnehmenden Kräfte groß und damit die spezifische Flächenbelastung klein wird. Je kleiner die tragenden Flächen sind, desto unsicherer wird die Osteosynthese. Von KÜNTSCHER werden in diesem Zusammenhang zwei grundlegende Forderungen gestellt:

1. Der Nagel muß in beiden Bruchstücken eine feste Verklemmung mit der Corticalis aufweisen, da er im spongiösen Knochen keinen für die stabile Osteosynthese erforderlichen Halt findet.

2. Der Bereich dieser Nagel-Corticalis-Kontaktnahme soll in jedem Bruchstück mindestens 6 - 8 cm betragen. Der Bereich der kraftschlüssigen Verbindung zwischen Nagel und Corticalis wird vom Durchmesser des Nagels und von der gleichbleibenden Lichtung der Markhöhle bestimmt.

Im Hinblick auf die Vereinigung des Nagels mit beiden Fragmenten ist nicht nur die Lokalisation des Bruches im Glied-

abschnitt, sondern auch die Form des Bruches selbst von Bedeutung. Nach REHM ist die optimale Frakturart für die Nagelung der gezahnte einfache Quer- und Schrägbruch. Die anderen Frakturformen, wie lange Schrägbrüche, Flötenschnabelbrüche und Frakturen mit ausgesprengten Biegungskeilen lassen eine Nagelung unter den Gesichtspunkten der stabilen Osteosynthese nur dann zu, wenn der Nagel außerhalb der gesamten Bruchzone, d.h. außerhalb des proximalen und distalen Endes des Bruchspaltes, noch den von KÜNTSCHER geforderten festen Schluß mit der Corticalis in einer Ausdehnung von einigen Zentimetern hat. Im übrigen muß eine kraftschlüssige Verankerung des Fixationsmittels in beiden Betrachtungsebenen im Röntgenbild erkennbar sein !

2. Die "primäre Knochenbruchheilung" nach absolut stabiler Osteosynthese

Die Frage der Knochenbruchheilung stellt das wichtigste Problem in der Behandlung der Knochenbrüche dar. Der Ausdruck "primäre Knochenbruchheilung" ist nach KÜNTSCHER nicht im Sinne einer primären oder sekundären Wundheilung zu verstehen. Hierbei handelt es sich um eine sofortige knöcherne Überbrückung des Bruchspaltes ohne Auftreten eines Vorstadiums. Die Kallusbildung geht dabei von der Knochensubstanz selbst aus, hauptsächlich von den HAVERSschen Kanälen. Es handelt sich also um einen intermediären Kallus. Der endo-

stale und periostale Kallus spielen dabei nicht die Hauptrolle. Die primäre Knochenbruchheilung ist nur bei absolut stabiler Osteosynthese möglich.

Als erster hatte sich DENIS mit diesem Problem der primären Knochenbruchheilung beschäftigt. Er bezeichnete sie ideal und hielt die überschüssige periostale und endostale Kallusbildung für schädlich. Die überschüssige Kallusbildung im Bruchbereich wurde als "Reizkallus" bezeichnet. Nach KÜNTSCHER kann es aus zweierlei Gründen zur Entstehung von Reizkallus kommen, nämlich einmal durch chemisch, allergisch oder bakteriell verursachte Gewebsentzündung und ein anderesmal durch eine mechanische Reizung. Auch im Experiment konnte durch eine chemische und mechanische Reizung eine überschüssige Kallusbildung am Knochenbruch erzielt werden. Die durch mechanische Reizung hervorgerufene Reizkallusbildung ist ein Zeichen der Instabilität der Osteosynthese. Diese Tatsache läßt sich schön an solchen Fällen demonstrieren, bei denen ein etwas zu dünner Marknagel verwendet wurde. In Übereinstimmung mit ALLGÖWER meint KÜNTSCHER, daß es ideal wäre, mit möglichst wenig Kallus bei der Knochenbruchheilung auszukommen. Es sei erstrebenswert, die primäre Knochenbruchheilung zu erreichen.

Das histo-morphologische Substrat dieser "primären Knochenbruchheilung" wurde von SCHENK geklärt. Anhand von ausge-

dehnten Versuchen an Hunden konnte er zeigen, daß sich der zurückgebliebene sehr enge Frakturspalt nach einer Osteosynthese nicht mit Bindegewebe und Knorpelzellen, sondern mit einer knöchernen Masse füllt. Diese Osteoblasten und Osteocyten entwickeln sich um die vorwiegend vom Markkanal her einwandernden Gefäße. Endostale und periostale Auflagerungen bleiben geringer, wenn die Voraussetzungen für die "primäre Knochenbruchheilung" erfüllt sind. Die Revaskularisierung der schmalen nekrotischen Knochenzone an den Frakturenden erfolgt bei stabiler Fixation und hinreichender Durchblutung der Corticalis nicht von den Spaltgefäßen, sondern vornehmlich von den noch intakt gebliebenen HAVERSschen Kanälen aus. Dort, wo infolge der Druckanwendung die Fragmente miteinander in direktem Kontakt stehen, wird der Frakturspalt nicht vergrößert, bis die Kalluszellen einwandern können. So erfolgt die Überbrückung unter sofortiger Durchwachsung der in Regeneration befindlichen Osteone. SCHENK bezeichnet diese von den HAVERSschen Kanälen ausgehende Knochenregeneration als "Intra-kanaläre Ossifikation".

B. Kritische Untersuchung der während der Zeit von 1953 bis einschließlich 1965 im Unfallkrankenhaus Murnau behandelten, mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und in Falschgelenkbildung ausgeheilten Ober- und Unterschenkelbrüche

I. Die zahlenmäßige Aufschlüsselung der 1 162 teils operativ und teils konservativ versorgten Oberschenkelbrüche und der 3 178 ebenfalls teils konservativ und teils operativ versorgten Unterschenkelbrüche geht aus der Tabelle 1 auf Seite 16 hervor. Dabei ist besonders die Tatsache erwähnenswert, daß von insgesamt 256 mit intramedullären Metallimplantaten versorgten Oberschenkelbrüchen 62 in Falschgelenkbildung zur Ausheilung gekommen sind !

Desgleichen sind bei den mit intramedullären Metallimplantaten versorgten 201 Unterschenkelbrüchen 88 Fälle in Falschgelenkbildung ausgeheilt. Dabei beträgt die Gesamtzahl der in Falschgelenkbildung ausgeheilten operativ behandelten Oberschenkelbrüche 148 und operativ behandelten Unterschenkelbrüche 442. Die Mehrzahl der Verletzten wurde auswärts mit einem KÜNTSCHER-Nagel versorgt, außerdem kamen nur in wenigen Fällen RUSH-Pins, KIRSCHNER-Drähte und in einem Falle die HACKETHALsche Bündelnagelung zur Anwendung.

Tabelle 1: Aufschlüsselung der Ober- und Unterschenkelbrüche im Unfallkrankenhaus Murnau während der Zeit von 1953 bis einschließlich 1965

	Oberschenkel	Unterschenkel
Gesamtzahl	1 162	3 178
Operativ behandelt	705 = 60,6 %	519 = 16,3 %
Konservativ behandelt	457 = 39,4 %	2 659 = 83,7 %
Operativ mit intramedullären Metallimplantaten behandelt	256 = 35,9 %	201 = 38,6 %
Sonstige Operationen (Schrauben, Platten, Drähte, Späne)	449 = 64,1 %	318 = 61,4 %
Gesamtzahl der im UKM behandelten Pseudarthrosen in der Zeit von 1953 - 1965	148 = 12,8 %	442 = 12,9 %
Zahl der mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und in Pseudarthrose ausgeheilten Brüche	62 = 41,8 %	88 = 19,8 %
	Prozentsatz bezogen auf die Gesamtzahl der Pseudarthrosen	

1. Oberschenkelbrüche

Die Häufigkeit der verschiedenen Frakturlokalisationen bei den 62 mit Falschgelenkbildung ausgeheilten Oberschenkelbrüchen wird aus der folgenden Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Aufteilung der mit Falschgelenkbildung ausgeheilten und primär genagelten Oberschenkelbrüche nach Bruchlokalisation

Subtrochantäre Brüche	3
Brüche im proximalen Drittel	2
Brüche im mittleren Drittel	27
Brüche an der distalen Drittelgrenze	11
Brüche im distalen Drittel	20
Gesamtzahl der Verletzungen	63 (62 + 1)

Bei einem Verletzten lag ein doppelter Oberschenkelbruch, d.h. ein Bruch im mittleren und im proximalen Drittel desselben Oberschenkels vor.

Am häufigsten wurde die Fraktur des Oberschenkels im mittleren Drittel versorgt. Von den 62 Oberschenkelbrüchen waren

48 (78,0 %) Querbrüche und kurze Schrägbrüche, 12 (19,8 %) Splitterbrüche und 2 (2,4 %) Mehrfragmentbrüche. Die Aufteilung der Oberschenkelfrakturen auf die verschiedenen Altersstufen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Frakturlokalisation wird aus der folgenden Tabelle 3 deutlich.

Tabelle 3: Verteilung der 63 Oberschenkelbrüche auf Frakturlokalisation unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Altersstufen

Dezennium	1	2	3	4	5	6	7	Gesamtzahl
Subtrochantäre Brüche					1	2		3
Brüche im prox. Drittel					1		1	2
Brüche im mittl. Drittel		5	8	7	3	3	1	27
Brüche an der dist. Drittelgrenze		2	3	2	1	3		12
Brüche im dist. Drittel		1	10	4	2	3		20
Gesamtzahl der Verletzungen		8	21	13	8	11	2	63

Dabei zeigt lediglich die Altersgruppe des 3. Dezenniums eine Häufung der mit Nagel versorgten Frakturen im distalen Drittel. Wahrscheinlich war die Fragmentreposition und die

Erhaltung des Repositionsergebnisses unter der Extension so schwierig, daß trotz der für die KÜNTSCHER-Nagelung ungünstigen Fraktur die Auffädelung der Fragmente mit dem Küntschernagel durchgeführt wurde.

Die 62 genagelten Oberschenkelbrüche teilen sich weiterhin in 21 (33,7 %) offene und 41 (66,3 %) geschlossene Frakturen auf. 54 Patienten waren männlichen und 8 Patienten weiblichen Geschlechts. Bei den Oberschenkelschaftbrüchen handelte es sich um 13 Arbeitsunfälle (21,0 %) und um 49 Wegeunfälle (78,0 %). Die Wegeunfälle verteilen sich auf 27 Motorrad- und Mopedunfälle (55,0 %), 16 Stürze von Fußgängern auf dem Arbeitsweg (32,0 %) und auf 6 Fahrradunfälle (12,0 %).

Die durchschnittliche Gesamtdauer der stationären Behandlung bei den in Falschgelenkbildung ausgeheilten und mit intramedullären Metallimplantaten versorgten Oberschenkelbrüchen betrug 14,9 Monate (siehe Tabelle 4 auf Seite 20).

Die Tabelle 4 zeigt die zeitliche Aufgliederung der erforderlichen stationären Behandlungszeit, woraus ersichtlich wird, daß in den meisten Fällen eine Zeit von 6 bis 12 Monaten erforderlich war.

Tabelle 4: Aufgliederung der stionären Behandlungszeit bei den in Falschgelenkbildung ausgeheilten und primär mit intramedullären Metallimplantaten versorgten Oberschenkelbrüchen

Dauer des stationären Aufenthaltes	auswärts	UKM
Zwischen 0 und 1 Monat	0	4
" 1 und 6 Monaten	23	35
" 6 und 12 "	27	20
" 12 und 18 "	5	2
" 18 und 24 "	1	1
" 24 und 30 "	2	
" 30 und 36 "		
" 36 und 42 "		
" 42 und 48 "	1	
" 48 und 54 "		
" 54 und 60 "	1	
Gesamtzahl:	60	62

Bei der Erstversorgung wurde in 15 Fällen die primäre offene Nagelung durchgeführt. Die primäre geschlossene Nagelung erfolgte bei 3 Verletzten. Zu den primären Nagelungen wurden die Fälle gerechnet, die innerhalb der ersten 7 Tage genagelt worden sind.

Die sekundäre offene Nagelung, die im allgemeinen 14 Tage und auch später nach dem Unfall erfolgte, wurde bei 49 Verletzten durchgeführt. Hierbei kam bei 47 Verletzten der Küntschernagel und bei 2 Verletzten der RUSH-Pin zur Anwendung. Die operative Versorgung mit intramedullären Metallimplantaten wurde bei der sekundären Osteosynthese im Durchschnitt 2,4 Monate nach dem Unfall durchgeführt. Sekundär geschlossene Nagelungen wurden in 2 Fällen mit RUSH-Pin vorgenommen.

Die Falschgelenkbildung war in 20 Fällen durch einen zu kurzen und zu dünnen und in einem Fall ausschließlich durch einen zu kurzen Marknagel verursacht. Eine zusätzliche Versorgung mit Drahtumschlingungen erfolgte in 8 Fällen. Gipsverbände, wie Beckengips oder Oberschenkelgips, wurden bei 19 Verletzten zur zusätzlichen Ruhigstellung der Fraktur angelegt. Hierbei betrug die durchschnittliche Dauer der Gipsruhigstellung 3,6 Monate. Bei 3 Verletzten konnte nach vorzeitiger Belastung eine erhebliche Bewegung des Marknagels nachgewiesen werden. Refrakturen bei liegendem Marknagel beobachteten wir bei 5 Patienten und Refrakturen nach vorzeitiger Nagelentfernung lagen in 3 Fällen vor. Ein Wandern des Marknagels mit Schädigung des Hüftgelenkes und nachfolgender Bewegungseinschränkung im Gelenk konnte in 5 Fällen nachgewiesen werden. Bei 4 Patienten kam es zu einem Marknagelbruch. Das Ausmaß der Bewegungs-

einschränkung im Hüftgelenk war in 43 Fällen nicht nennenswert, in 7 Fällen mittelmäßig und in 12 Fällen hochgradig. In 5 Fällen war die Funktionsbehinderung im Bereich des der Fraktur benachbarten Hüftgelenkes durch das proximale Auswandern des KÜNTSCHER-Nagels bedingt. In 3 Fällen mußten für diese Funktionsbehinderung eine posttraumatische Arthrosis deformans und in 4 Fällen eine Osteomyelitis mit Hüftgelenksempyem angeschuldigt werden. Die Bewegungseinschränkung in dem der Fraktur benachbarten Kniegelenk war in 26 Fällen nicht nennenswert, in 14 Fällen mäßig und in 22 Fällen hochgradig ! Dabei kam es hier in 8 Fällen zu einer fast völligen Kniegelenkssteife. In 16 Fällen war eine Osteomyelitis und in 3 Fällen die unmittelbare Schädigung des Kniegelenkes durch die Nagelung selbst und in 3 Fällen eine posttraumatische Arthrosis deformans für die Funktionsminderung verantwortlich zu machen. Bei 18 Marknagelungen kam es zur Osteomyelitis.

Wegen nicht beherrschbarer Osteomyelitis mußte bei 3 Verletzten die Oberschenkelamputation durchgeführt werden.

In der Tabelle 5 auf Seite 23 sind weitere Komplikationen aufgeführt und zahlenmäßig aufgegliedert.

Tabelle 5: Aufgliederung der Früh- und Spätkomplikationen nach Versorgung der Oberschenkelbrüche mit intramedullären Metallimplantaten

	wenig	mittelmäßig	hochgradig
Durchblutungsstörung mit Schwellungsneigung	12	33	17
Entkalkung SUDECKsche Dystrophie	6	40	16 (2 SUDECK)
Muskelminderung	6	41	15
Beschwerden	2	20	40

Orthopädische Hilfsmittel mußten bei 30 Verletzten verordnet werden, in 3 Fällen nach Amputation Oberschenkelkunstbeine. 10 Verletzte mußten wegen nicht ausgeheilter Brüche mit Stützapparat versorgt werden. Wegen einer Beinverkürzung und statischer Veränderungen mußten bei 17 Verletzten orthopädische Schuhe angefertigt werden. Zu einer meßbaren Beinverkürzung kam es bei 26 Verletzten und zwar bis zu 2 cm in 3, bis zu 4 cm in 19 und bis zu 6 cm in 4 Fällen. Eine Fehlstellung im Sinne der Achsenknickung von mehr als 10 Grad sahen wir bei 16 und eine Drehfehlstellung um mehr als 10 Grad bei 8 Verletzten. Die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit zum Zeitpunkt der Entlassung aus der stationären Behandlung betrug 51,4 % und zum Zeitpunkt der Festsetzung der 1. Dauerrente 43,3 %. Hier wird auf die Tabelle 6 Seite 24 verwiesen.

Tabelle 6: Die Höhe der Minderung der Erwerbsfähigkeit zum Zeitpunkt der Entlassung aus der stationären Behandlung und bei der Festsetzung der 1. Dauerrente bei den in Falschgelenkbildung ausgeheilten und mit intramedullären Metallimplantaten versorgten Oberschenkelbrüchen

Renten in %	Entlassung aus der stationären Behandlung	Bei Festsetzung der 1. Dauerrente
c - 20	0	11
20 - 30	9	10
30 - 40	14	11
40 - 50	11	8
50 - 60	12	6
60 - 70	3	3
70 - 80	2	3
80 - 90	0	1
90 -100	5	0
Gesamtzahl:	56	53

2. Unterschenkelbrüche

Während der Zeit von 1953 bis einschließlich 1965 wurden im Unfallkrankenhaus Murnau 442 Patienten mit Unterschenkelfalschgelenkbildungen stationär behandelt. Die Zahl der mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und in Falschgelenkbildung ausgeheilten Unterschenkelbrüche, die während

der gleichen Zeit im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus behandelt worden sind, beträgt 88, also 43,5 % der mit intramedullären Metallimplantaten versorgten Unterschenkelbrüche. Auf die Gesamtzahl der im Unfallkrankenhaus Murnau behandelten Unterschenkelpseudarthrosen bezogen sind es 19,8 % (siehe auch Tabelle 1 Seite 16). Eine Übersicht über die 88 Unterschenkel nach Art und Lokalisation der Brüche gibt die Tabelle 7.

53 Dieser Unterschenkelbrüche waren offen und 35 davon geschlossen. An Bruchformen fanden sich 66 Quer- und kurze Schrägbrüche (72,0 %), 11 Schrägbrüche mit Aussprengung eines Biegungskeiles und Aufsplitterung im Bruchbereich (12,5 %), 6 Mehrfragmentbrüche (6,8 %) und 8 Spiralbrüche (8,2 %).

Tabelle 7: Die Aufgliederung der in Falschgelenkbildung ausgeheilten und primär mit intramedullären Metallimplantaten versorgten 88 Unterschenkelbrüche nach Art und Lokalisation der Brüche

Kniegelenksnahe Brüche	2
Brüche im proximalen Drittel	6
Brüche an der proximalen Drittelgrenze	4
Brüche im mittleren Drittel	39
Brüche an der distalen Drittelgrenze	22
Brüche im distalen Drittel	10
Sprunggelenksnahe Brüche	5

Die Aufteilung der Unterschenkelverletzungen auf die verschiedenen Altersstufen zeigt die Tabelle 8.

Tabelle 8: Die Aufteilung der verschiedenen Unterschenkelbruchformen auf die verschiedenen Altersstufen der in Falschgelenkbildung ausgeheilten Unterschenkelbrüche

Altersverteilung Dezennium:	2	3	4	5	6	7	Gesamt
Kniegelenksnahe Brüche		1	1				2
Brüche im proximalen Drittel		3		1	1	1	6
Brüche an der proximalen Drittelgrenze	1		1		2		4
Brüche im mittl. Drittel	5	7	9	5	12	1	39
Brüche an der distalen Drittelgrenze	3	10	4		3	2	22
Brüche im distalen Drittel		4	2	2	1	1	10
Sprunggelenksnahe Brüche	1	1	1	1	1		5
Gesamtzahl der Verletzungen:	10	26	18	9	20	5	88

Bei den 88 Unterschenkelbrüchen handelte es sich um 27 Arbeitsunfälle (30,8 %), 59 Wegeunfälle (67,8 %) und um 2 nicht gesetzlich versicherte Unfälle (1,4 %).

Die Wegeunfälle verteilen sich auf 36 Motorrad- und Mopedunfälle (61,0 %), 5 Fahrradunfälle (8,0 %) sowie auf 18 weitere Unfälle, die durch Sturz oder Überfahrenwerden er-

folgten (30,0 %). Bei den Unfallverletzten handelte es sich in 77 Fällen um männliche und in 11 Fällen um weibliche Personen.

Die Dauer der stationären Behandlung dieser Verletzten mit Unterschenkelbrüchen geht aus Tabelle 9 hervor.

Tabelle 9: Die Dauer des stationären Aufenthaltes der primär mit Metallimplantaten und mit Falschgelenkbildung ausgeheilten Unterschenkelbrüche

Dauer des stationären Aufenthaltes	auswärts	UKM
Zwischen 0 und 1 Monat	0	3
" 1 und 6 Monaten	17	38
" 6 und 12 "	29	27
" 12 und 18 "	20	13
" 18 und 24 "	11	4
" 24 und 30 "	2	1
" 30 und 36 "		
" 36 und 42 "	2	1
" 42 und 48 "	1	
" 48 und 54 "	1	
Gesamt:	83	88
Durchschnittliche Behandlungsdauer	13,2 Mte.	7,9 Mte.

Durchschnittliche Gesamtdauer der stationären Behandlung: 21,1 Monate.

Aus der Tabelle 9 wird ersichtlich, daß die meisten dieser Verletzten zwischen 6 und 18 Monate stationär behandelt werden mußten !

Bei der Erstversorgung wurde in 6 Fällen die primäre geschlossene, in 13 Fällen die primäre offene Marknagelung durchgeführt. In 7 Fällen kam der RUSH-Pin zur Anwendung. 66 Verletzte wurden sekundär offen genagelt, wobei in 60 Fällen KÜNTSCHER-Nägel, in 5 Fällen RUSH-Pins und in einem Fall die HACKETHALsche Bündelnagelung zur Anwendung kam. Bei 7 Verletzten mußte wegen der ungenügenden Ruhigstellung durch zu dünne Nägel eine zweite Marknagelung durchgeführt werden. Bei den etwa 8 bis 10 Wochen nach dem Unfall sekundär geschlossen genagelten 3 Unterschenkelbrüchen wurde zweimal der KÜNTSCHER-Nagel und in einem Fall die Versorgung mit RUSH-Pin durchgeführt.

Bei den verwendeten Metallimplantaten handelte es sich um 47 Küntschernägel, die zu kurz und zu dünn, und um 26 KÜNTSCHER-Nägel, die zu dünn und um 5 KÜNTSCHER-Nägel, die zu kurz waren. Bei 4 Verletzten sind trotz vorschriftsmäßiger KÜNTSCHER-Nagelung mit ausreichend dickem und langem Nagel postoperativ Komplikationen aufgetreten, auf die im speziellen Teil näher eingegangen wird.

Eine zusätzliche Versorgung mit Drahtschlingen fanden wir bei 8 Verletzten. Gipsverbände, wie Becken- oder Oberschenkelgipsverband, wurden bei 77 Verletzten zur zusätzlichen Ruhigstellung der Fraktur angelegt. Hierbei betrug die durchschnittliche Dauer der Gipsruhigstellung 8 Monate. Bei 2 Verletzten konnte ein Wandern des Marknagels nach proximal und bei 3 Verletzten eine Verdrehung der Marknägel beobachtet werden. Eine Fehlstellung des Unterschenkels im X-Sinne wurde durch diese Verdrehung der Marknägel verursacht. Eine Verbiegung des Marknagels haben wir bei 4 Verletzten beobachtet und es ist dabei zur Refraktur sowie zur nachfolgenden Falschgelenkbildung am Schienbeinknochen gekommen. Bei 11 Verletzten kam es zum Bruch des Marknagels. Nach vorzeitiger Marknagelentfernung erlitt ein Verletzter eine Refraktur. Als Zeichen bestehender Wackelbewegungen und unstabiler Fixation der Fraktur sahen wir bei 63 Verletzten eine erhebliche Reizkallusbildung, ohne daß später noch eine feste Durchbauung der Fraktur eingetreten wäre. Bei 70 Verletzten fand sich ein ausgedehnter Resorptionshof im Bereich der Nagelspitze. Die vorzeitige Belastung der verletzten Gliedmaße konnte bei diesen Verletzten ausnahmslos nachgewiesen werden. Die Bewegungseinschränkung im Kniegelenk war in 54 Fällen nicht nennenswert, in 23 Fällen mittelgradig und in 11 Fällen hochgradig gegeben. Erhebliche Gelenksteifen waren in 7 und eine völlige Gelenksteife in 2 Fällen vorhanden. In 7 Fällen war die Funktion des Kniegelenkes durch eine Oberschenkelosteomye-

litis erheblich gestört. In 4 Fällen muß die ungewöhnlich lange Ruhigstellungszeit des Gelenkes und zusätzlich die posttraumatische Arthrosis deformans für die Teilsteife des Kniegelenkes verantwortlich gemacht werden. Die Bewegungseinschränkung im oberen und unteren Sprunggelenk war in 11 Fällen nicht nennensert, in 40 Fällen mittelgradig und in 37 Fällen hochgradig. Bei 17 Verletzten kam es zu völliger Versteifung des oberen und auch unteren Sprunggelenkes, in 2 Fällen war diese totale Gelenksteife durch einen gelenknahen osteomyelitischen Prozeß und in einem Fall durch einen sprunggelenknahen Bruch verursacht. Eine Osteomyelitis des Schienbeines konnten wir bei 34 Verletzten beobachten. In 5 Fällen führte diese Knocheninfektion zum Teilverlust des Beines im Unterschenkelbereich. Die nachfolgende Tabelle 10 bringt eine Übersicht über weitere Früh- und Spätkomplikationen bei den mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und in Falschgelenkbildung ausgeheilten Unterschenkelbrüchen.

Tabelle 10: Die Häufigkeit der Früh- und Spätkomplikationen bei den primär mit intramedullären Metallimplantaten versorgten Unterschenkelbrüchen, die in Falschgelenkbildung ausgeheilt sind

	wenig	mittelmäßig	hochgradig
Durchblutungsstörung mit Schwellungsneigung	3	48	38
Entkalkung SUDECKsche Dystrophie		58	30 (3 SUDECK)
Muskelminderung	11	50	27
Beschwerden		37	51

Zur messbaren Beinverkürzung kam es in 16 Fällen bis zu 2 cm, in 8 Fällen bis zu 8 cm und in einem Fall bis zu 13 cm. Eine Achsenfehlstellung um mehr als 10 Grad war bei 17, eine Drehfehlstellung um mehr als 10 Grad bei 7 Verletzten nachweisbar. 58 Verletzte mußten mit orthopädischen Hilfsmitteln versorgt werden. In 5 Fällen mußte ein Unterschenkelkunstbein und in 34 Fällen Stützapparate verordnet werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es bei 31 Verletzten in den ersten zwei Jahren nach dem Unfall nicht zur knöchern festen Durchbauung des Unterschenkelbruches gekommen ist. Bei den anschließenden Begutachtungen konnte bei einem Verletzten nach 2 Jahren, bei weiteren 2 Verletzten nach 3 bzw. nach 5 Jahren eine knöcherne Festigung der Bruchstelle nachgewiesen werden. Diese Brüche haben sich unter der Benützung des Stützapparates in dieser Zeit doch noch knöchern fest durchbaut.

Die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt betrug bei der stationären Entlassung 59,0 % und bei der Festsetzung der 1. Dauerrente 41,0 %. Eine genauere Übersicht über die Höhe der Minderung der Erwerbsfähigkeit ergibt die Tabelle 11 auf Seite 32.

Tabelle 11: Die Aufteilung der Höhe der Minderung der Erwerbsfähigkeit auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt bei den mit intramedullären Metallimplantaten versorgten und später in Falschgelenkbildung ausgeheilten Unterschenkelbrüchen

Renten in %	Entlassung aus der stationären Behandlung	Bei Festsetzung der 1. Dauerrente
0 - 20	4	9
20 - 30	12	18
30 - 40	25	19
40 - 50	18	17
50 - 60	16	10
60 - 70	6	4
70 - 80	3	1
80 - 90		
90 - 100	1	
Gesamt:	85	78

Bei den Verletzten handelte es sich um 86 Arbeits- und Wegeunfälle. 2 Verletzte kamen als Privatpatienten in unsere Behandlung. Ein Patient verstarb im Laufe der stationären Behandlung an Magenkrebs. Bei den berufsgenossenschaftlich versicherten Patienten konnte die Dauerrente in 7 Fällen nicht berücksichtigt werden, da dieselbe noch nicht eingeschätzt war. Bei kritischer Betrachtung des Behandlungsergebnisses und beim Vergleich der Höhe der Minderung der Erwerbsfähigkeit zum Zeitpunkt der stationären Ent-

lassung und bei der Festsetzung der 1. Dauerrente ist nur eine geringe Besserung der Unfallfolgen eingetreten.

II. Indikation zur Marknagelung

1. Grundsätzliche Einwände gegen die Osteosynthese mit dem Marknagel werden zum heutigen Zeitpunkt kaum noch erhoben. Jedoch werden viele Einzelfragen, wie z.B. die Indikationsstellung für die KÜNTSCHER-Nagelung an den verschiedenen Gliedmaßenabschnitten und bei verschiedenen Bruchformen auch heute noch in der Literatur keineswegs einheitlich beurteilt. Es wird vor allem immer wieder auf die möglichen Komplikationen wie Nagelverbiegung, Nagelbruch, Pseudarthrosenbildungen und Infektion und auf die damit verbundene Verlängerung der Arbeitsunfähigkeit und auf die Höhe der verbleibenden Minderung der Erwerbsfähigkeit hingewiesen (BÜRKLE DE LA CAMP, L. BÖHLER, M. LANGE, HERRMANN, GEISER).

Nach KÜNTSCHER sind solche Mißerfolge unmöglich, da es sich bei den Versagerfällen um Behandlungsmethoden handele, die nicht als KÜNTSCHER-Nagelung bezeichnet werden drüfen. Eine Marknagelung liegt seiner Ansicht nach nur dann vor, wenn sich ein genügend starker und ausreichend langer Marknagel im vorher aufgebohrten Kompaktarohr elastisch verklemmt und damit die Ruhigstellung der Fragmente im Sinne der stabilen Osteosynthese garantiert ist. Aus den bisher mit-

geteilten Erkenntnissen wird deutlich, daß in einem möglichst großen Bereich eine wandschlüssige Verbindung zwischen Corticalis und Marknagel bestehen muß, damit die Summe der zu übertragenden Kräfte auf eine große Fläche verteilt und dadurch die spezifische Flächenbelastung klein wird. Je kleiner die tragenden Flächen sind, desto unsicherer ist die Osteosynthese (REHM). KÜNTSCHER fordert, daß der Bereich dieser Nagel-Corticalis-Verklemmung in jedem Bruchstück mindestens 6 - 8 cm betragen soll. Das Ausmaß der wandschlüssigen Verbindung zwischen Nagel und Corticalis wird im wesentlichen vom Durchmesser des Nagels bei gleichbleibender Lichtung der Markhöhle bestimmt. Das Ausmaß der Kontaktnahme, wie es KÜNTSCHER fordert, kann nur durch die Aufbohrung des Markraumes erreicht werden. Zahlreiche Untersuchungen von REHM haben ergeben, daß ohne Aufbohren die Bedingungen für eine stabile Osteosynthese nicht erfüllt sind, da selbst bei der Lokalisation des Bruchspaltes in der Mitte des mittleren Drittels des Knochenschaftes der Nagel im proximalen und distalen Fragment nur in einer Länge von 3 - 4 cm der Corticalis anliegt. Wird z.B. die Markhöhle eines 38 cm langen Unterschenkels auf 18 mm aufgebohrt, entsteht eine Röhre mit gleichbleibender Lichtung von 11,5 cm Länge. Zieht man davon nur 4 cm proximal und distal als Bereich der erforderlichen festen Schlußzone zwischen Nagel und Corticalis ab, so bleibt ein Abschnitt von 3,5 cm Länge, in dessen Bereich die Fragmente z.B.

eines Schienbeines mit einem Marknagel stabilisiert werden können. Dabei muß die Markhöhlenweite in beiden Ebenen beurteilt werden, wodurch sich unter Umständen der Bereich des nagelfähigen Abschnittes noch weiter verkürzen kann. Aus diesem Beispiel geht hervor, daß sich bei nicht idealer Bruchlokalisation durch großzügiges Aufbohren noch eine eben ausreichende Fragmentstabilisierung erzielen läßt. Die günstigsten Voraussetzungen liegen bei der Elle vor. Nur an diesem Knochen kann nach KÜNTSCHER durch Aufbohren der Nagel in den Knochen wandschlüssig eingearbeitet werden, so daß er in seiner ganzen Länge paßt. An den Gliedabschnitten mit taillenförmiger oder stark konisch geformter Markhöhle (Ober- und Unterschenkel-, Oberarmknochen) ist der unter dem Gesichtspunkt der stabilen Osteosynthese nagelfähige Bereich durch Aufbohren nur in einem geringeren Ausmaß zu schaffen (REHM). An diesen Knochenabschnitten ist es aufgrund der anatomischen Gegebenheiten gar nicht möglich, den Knochen in ganzer Länge aufzubohren, weil an manchen Stellen die gesamte Substanz des Knochens zerstört werden müßte, ehe an anderen Stellen der Bohrer die Innenbegrenzung der Corticalis erreicht (KÜNTSCHER).

Im Hinblick auf die Vereinigung des Nagels mit beiden Fragmenten ist nicht nur die Lokalisation des Bruches im Gliedabschnitt, sondern auch die Form des Bruches selbst von Be-

deutung. Die optimale Frakturart für Nagelung ist der glatte oder gezahnte Schräg- oder Querbruch. Alle anderen Frakturformen, wie lange Schrägbrüche oder Frakturen mit ausgesprengten Biegungskeilen, lassen eine Nagelung mit dem Ergebnis einer stabilen Osteosynthese nur dann zu, wenn der Nagel außerhalb der Bruchzone noch den von KÜNTSCHER geforderten festen Schluß mit der Corticalis beider Bruchfragmente aufweist. In seinem Lehrbuch schreibt KÜNTSCHER: "Schrägbrüche fordern eine sorgfältigere Betrachtung und auch mehr Erfahrung und Verständnis für mechanische Dinge !" Es ist eindeutig, daß zur Beurteilung der Eignung von Brüchen für die Nagelung nur allgemeine Richtlinien gegeben werden können. Beim Trümmerbruch ist, wenn die zertrümmerte Partie in der Mitte des Schaftes liegt, noch eine Osteosynthese zu erzielen. Hierbei ist eine ausreichende Sicherung gegen die seitliche Verschiebung und eine Achsenknickung gegeben, so daß eine Heilung in guter Stellung garantiert ist. Dagegen kann unter Umständen immer noch eine Verdrehung und Verbiegung der Bruchstücke eintreten. Die Osteosynthese mit Marknagel ist nicht mehr möglich, wenn die Trümmerzone im konischen Teil des Knochens liegt.

Der Indikationsstellung für die stabile Osteosynthese müssen Röntgenaufnahmen mindestens in zwei Ebenen zugrunde liegen.

2. Marknagelung des offenen Bruches

Bei jeder offenen Fraktur besteht die Gefahr der Infektion. Weiter besteht die Möglichkeit, daß von der Wunde her Keime im Nagelbett in die Markhöhle einwandern. Andererseits ist die offene Fraktur in erster Linie als Wunde zu behandeln und damit die Ruhigstellung zu fordern (KÜNTSCHER). EHRLICH hat als erster offene Brüche genagelt. Die Erfolge waren ausgezeichnet. G. LAURITZEN veröffentlichte eine große Zahl offener, hauptsächlich bei Verkhersunfällen entstandener Brüche, die mit der Marknagelung erfolgreich behandelt wurden. KÜNTSCHER fordert hier bei der primären Marknagelung die exakte Wundexzision, die auch die letzten Schmutzpartikel aus der Wunde entfernen soll, sowie die Einhaltung der FRIEDRICHschen 6-Stunden-Frist, innerhalb der die Keime in ihrer Ausbreitung auf die Wunde beschränkt bleiben. Eine zusätzliche prophylaktische Behandlung mit Antibiotika ist erforderlich. Beim Schock ist die operative Knochenbruchbehandlung kontraindiziert ! Bei sehr stark zertrümmerten und verschmutzten Wunden ist die Marknagelung nur mit größter Vorsicht durchzuführen. In solchen Fällen wird die Wunde in üblicher Weise auf das sorgfältigste vernäht und die Osteosynthese nach Abheilen der Wunden vorgenommen. Dies geschieht in geschlossener Form, wenn seitens des Allgemeinzustandes des Verletzten keine Kontraindikation mehr gegeben ist (PROBST).

C. Spezieller Teil

I. Gefahren und Fehler bei der operativen Frakturbehandlung mit intramedullären Metallimplantaten

Wie jedes andere operative Verfahren ist die operative Knochenbruchbehandlung mit intramedullären Metallimplantaten mit Gefahren verbunden. Der relativ hohe Prozentsatz von Mißerfolgen bei der operativen Behandlung von Frakturen mit einem Marknagel ist bereits mehrmals Gegenstand ausführlicher Darstellungen gewesen (LANGE 1958, L. BÜHLER 1960, BÜRKLE DE LA CAMP 1960). Die operative Behandlung der Frakturen mit einem Marknagel wird heute noch häufig als eine Art "Ersatzbehandlung" angesehen (KARITZKI, WEYAND, GEISER). Die Indikation zur Nagelung wird gestellt, weil konservative Verfahren die Reposition oder die Retention des gebrochenen Knochens nicht ermöglichen. Manchmal spielt auch die Meinung, daß eine genagelte Fraktur schneller heile, eine Rolle und sogar die bequemere postoperative Behandlung wird gegen das Risiko des Eingriffes abgewogen (GEISER). Diese Einstellung scheint die Ursache für viele Fehlergebnisse zu sein, da sie die völlig anders gearteten physikalisch-biologischen Eigenschaften und Bedingungen der operativen Behandlung (KÜNTSCHER, M. MÜLLER) nicht als Ausgangspunkt für die Indikationsstellung beinhaltet. Nach REHM wird die Nagelung gewissermaßen im Sinne

einer ultima ratio geplant und vorgenommen. Auf diese Weise ist man bei der entscheidenden Frage, ob im einzelnen Bedingungen vorliegen, die eine Nagelung sinnvoll erscheinen lassen, zu Kompromissen bereit, welche schon die Grundlage für Mißerfolge bilden.

Im Unfallkrankenhaus Murnau halten wir mit KÜNTSCHER, HERZOG, REHM und ALLGÖWER die Indikationsstellung für die operative Behandlung von Frakturen im allgemeinen von vornherein für gegeben, wenn der frakturierte Gliedabschnitt durch den Eingriff absolut stabilisiert werden kann ! So ist es postoperativ möglich, durch aktive Bewegungsübungen die jedem konservativen Verfahren zwangsläufig anhaftenden Nachteile, welche M. MÜLLER mit "Frakturenkrankheit" bezeichnet, zu vermeiden.

Unter diesem Blickwinkel ist die Marknagelung nach KÜNTSCHER für bestimmte Frakturen der langen Röhrenknochen die Behandlungsmethode der Wahl. Die Hauptursache für die Mißerfolge liegt nicht so sehr in einer allgemein falschen Indikationsstellung, sondern meist in der überhaupt nicht gestellten oder nicht genügend durchdachten Frage, welches Maß an Bewegungsstabilität im jeweiligen Fall erreicht werden kann. Nach kritischer Untersuchung des Patientengutes sind wir der Meinung, daß bei der Frage, ob im jeweiligen Fall ein Marknagel Verwendung finden soll, ein wesentlich stren-

gerer Maßstab angelegt werden muß. Nach REHM dürften schätzungsweise bei etwa 2/3 der vorgenommenen Nagelungen keine ausreichende Indikation vorgelegen haben. SCHMIDT fand 1958 bei der Durchsicht von 100 mit Marknagel versorgten Frakturen der langen Röhrenknochen an der Leipziger Chirurgischen Universitätsklinik nur in 30 % der Fälle annähernd günstige Bedingungen für eine Stabilisierung der Brüche durch den Marknagel. Es ist festzustellen, daß die Anwendung eines Marknagels zur bloßen inneren Schienung in Verbindung mit einem konservativen Verfahren (Drahtextension, Gipsverband) die Nachteile beider Verfahren addiert und man dabei auch auf ihre jeweiligen Vorteile verzichtet (KIRSCH, PEREGALLI) ! Die Nagelung und Anlage eines Gipsverbandes dürfte deshalb nur in wenigen Ausnahmefällen indiziert sein !

Beim heutigen Stand der operativen Knochenbruchbehandlung ist die Einschränkung der Indikation zur Verwendung des Marknagels insofern berechtigt, als jetzt auch andere Methoden zur operativen Behandlung von Frakturen zur Verfügung stehen. Die von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (M. MÜLLER, ALLGÖWER, WILLENEGGER) entwickelte operative Behandlung besonders der gelenknahen Brüche mit Platten und Schrauben ist eine Methode der Wahl. Sie setzt aber voraus, daß man mit ihr vertraut ist und die erforderliche personalle Besetzung und technische Ausrüstung zur Verfügung hat.

Abschließend soll festgestellt werden, daß eine weitere Ursache für die Fehlergebnisse in der Unterschätzung des Schwierigkeitsgrades der Marknagelung liegt. Die operative Frakturbehandlung "am Rande der Allgemeinchirurgie" ist nach REHM als tiefere Ursache für eine falsche Indikationsstellung, technische Fehler und falsche Einschätzung der mechanisch-biologischen Zusammenhänge anzusehen. Im Hinblick auf die spezielle Fragestellung, die notwendigen besonderen Kenntnisse und Fähigkeiten, die handwerkliche Geschicklichkeit und die immer mehr zunehmenden Erfordernisse technischer Einrichtungen, hat sich nach LOB die Unfallchirurgie und insbesondere die operative Frakturbehandlung zu einem Spezialgebiet entwickelt, das zur Vermeidung von Mißerfolgen und nur in spezieller Weise ausgeübt werden sollte !

Im einzelnen werden nachfolgend die weiteren Komplikationen und Fehler bei der operativen Knochenbruchbehandlung mit intramedullären Metallimplantaten aufgeführt.

1. Fettembolie

Im Anfang der Marknagelära glaubte man, daß eine ganze Reihe von Todesfällen nach der Marknagelung durch Fettembolie verursacht wurden, da man bei der Obduktion zahlreiche Fettröpfchen in den Gefäßen der inneren Organe fand. In den letzten 15 Jahren konnte aber KÜNTSCHER an über 2 000 Mark-

nagelungen nicht die geringsten Anzeichen einer der drei Formen der Fettembolie beobachten. Auch im Unfallkrankenhaus Murnau konnten wir in den letzten 12 Jahren keine Fettembolie nach operativer Knochenbruchbehandlung mit intramedullären Metallimplantaten nachweisen. WEHNER und Mitarbeiter maßen durch fortlaufende frequenz- und amplitudengetreue sowie nahezu trägheitslose Registrierung das intramedulläre Druckverhalten während der einzelnen Operationsphasen bei geschlossener Nagelung aufgebohrter Schaftbrüche langer Röhrenknochen. Durch diese Experimente konnte eine erhöhte Fettemboliegefährdung durch die geschlossene Markraumbohrung und Marknagelung einwandfrei widerlegt werden. Das wichtigste Moment zur Verhütung der Fettembolie ist die Schockbekämpfung durch ausreichenden Volumenersatz !

2. Infektion

Die Infektion spielt in der Knochenchirurgie eine entscheidende Rolle und bestimmt den weiteren Verlauf. Dies gilt insbesondere auch bei der Behandlung der Pseudarthrosen. Die große Zahl der Pseudarthrosen an unserer Klinik (1 125) ist dadurch bedingt, daß die Mehrzahl von Ober- und Unterschenkelbrüchen uns zur wiederherstellungschirurgischen oder orthopädischen Versorgung überwiesen wurden. Bei diesen Verletzten waren vielfach schon mehrere Operationsmethoden angewandt worden, ohne daß eine knöchern feste Durchbauung

erreicht werden konnte. In der Zeit von 1953 bis einschließlich 1965 haben wir um Unfallkrankenhaus Murnau 52 Patienten mit einer Osteomyelitis behandelt, die nach operativer Versorgung mit intramedullären Metallimplantaten am Ober- oder Unterschenkelknochen eingetreten war. Hierbei handelte es sich fast ausschließlich um auswärts Vorbehandelte. Eine Übersicht zeigt die folgende Tabelle 12.

Tabelle 12: Zusammenstellung der Ober- und Unterschenkelbrüche, die bei bestehender Osteomyelitis in Falschgelenkbildung ausgeheilt sind. Die operative Bruchbehandlung erfolgte in Form der intramedullären Metallosteosynthese mittels KÜNTSCHER-Nägel und RUSH-Pins

Verletzung	Anzahl der Verletzten	Operation	Amputation
Offener Oberschenkelbruch	10	Kü-Nagel 8 RUSH-Pin 2	2 1
Geschlossener Oberschenkelbruch	8	Kü-Nagel 8	1
Offener Unterschenkelbruch	22	Kü-Nagel 19 RUSH-Pin 3	2
Geschlossener Unterschenkelbruch	12	Kü-Nagel 9 RUSH-Pin 3	1 1
Gesamtzahl der Osteomyelitiden:	52	Kü-Nagel 44 RUSH-Pin 8	8

Die durchschnittliche Behandlungsdauer der Verletzten mit Oberschenkelosteomyelitis betrug 19,3 Monate, die bei der

Unterschenkelosteomyelitis 21,6 Monate. Die durchschnittliche Höhe der Minderung der Erwerbsfähigkeit betrug zum Zeitpunkt der stationären Entlassung bei den Oberschenkelosteomyelitiden 57,8 %, bei den Verletzten mit Unterschenkelosteomyelitis 58,5 %. Die Höhe der Minderung der Erwerbsfähigkeit zur Festsetzung der 1. Dauerrente betrug durchschnittlich bei den Oberschenkelosteomyelitiden 53,8 % und bei den Unterschenkelosteomyelitiden 51,2 %.

3. Intraoperative Komplikationen

a) Gefahr der Sprengung des Knochenrohres

Die Gefahr der Aussprengung des Knochenrohres während der Marknagelung besteht (KÜNTSCHER). Eine Aussprengung ereignet sich meistens dann, wenn bereits eine Längsfissur am Knochen besteht, die im Röntgenbild schwer zu erkennen war oder übersehen worden ist. Diese Gefahr droht auch, wenn der Nagel sehr schräg in die Markhöhle eingeschlagen wird. Besonders gefährdet ist der aufgebohrte und zusätzlich atrophische Knochen. Die größten operativen Schwierigkeiten werden durch die individuell variierenden physiologischen Krümmungen der langen Röhrenknochen bereitet. Ein kräftiger Nagel hat nicht so viel Biegeelastizität, daß er sich den oft ausgeprägten Krümmerungen ganz angleichen kann. Das Kompaktarohr eines Röhrenknochens ist nie zylindrisch und

und selten auf geradem Wege zugänglich. Durch einen Markraumbohrer kann eine Markhöhle nicht immer in ein gerades zylindrisches Rohr verwandelt werden, sondern bestenfalls in einem immer ungleichmäßig geschlängelten und gebogenen Kanal mit etwa einheitlichem Querdurchmesser (HACKETHAL).

Unter den bei uns behandelten Patienten fanden wir 2 genagelte Oberschenkelbrüche, bei denen beim Einschlagen des KÜNTSCHER-Nagels nach entsprechender Aufbohrung eine Aussprengung am distalen Bruchstück eingetreten ist. Bei einem weiteren Verletzten wurde nach Aufbohrung des Femur ein entsprechend kräftiger Marknagel in die Markhöhle eingetrieben. Der Nagel konnte jedoch nicht vollständig eingeschlagen werden, da es zu einer Einklemmung im distalen Bruchstück kam. Der Versuch der Nagelentfernung ist in diesem Fall mißlungen, so daß das herausstehende Nagelende abgesägt werden mußte. Dennoch gestaltete sich der postoperative Heilverlauf im wesentlichen komplikationslos. Nach knöcherner Durchbauung konnte der Marknagel mühelos entfernt werden. Bei den erstgenannten Patienten wurde jedoch der Heilverlauf erheblich gestört. Durch die Aussprengung im distalen Bruchstück konnte eine stabile Osteosynthese nicht erzielt werden. Bei beiden Verletzten entstand eine Pseudarthrose, die durch erneute Eingriffe beseitigt werden mußte. Die Dauer der stationären Behandlung erstreckte sich über die Zeit von 14 bzw. 10 Monaten.

Bei der Durchsicht der primär mit Marknagel versorgten Unterschenkelbrüche fanden wir 6 Verletzte, bei denen es beim Einschlagen des Marknagels zu einer Aussprengung der hinteren Corticalis am proximalen Fragment gekommen ist. Als Beispiel für die in vielen Fällen nicht voraussehbaren Schwierigkeiten bei der Nagelung der Unterschenkelbrüche und der Komplikationsmöglichkeiten wird ein Fall eingehend beschrieben.

22-jähriger Mann (HB-Nr. 11 256): Bei der Einlieferung wurde ein geschlossener Unterschenkelbruch links (Schien- und Wadenbeinbruch an der distalen Drittelgrenze) festgestellt, siehe Abbildung 1 Seite 47. Es wurde folgende Indikation zur Operation gestellt: "Die nur unter Extension achsengerecht und ohne Seitenverschiebung zu stellende Unterschenkelfraktur zeigt eine Lokalisation bei der die Ausbildung einer Falschgelenkbildung befürchtet werden muß. Dem Patienten wird die Unterschenkelmarknagelung vorgeschlagen, da damit die knöcherne Durchbauung der Fraktur gesichert und die zeitliche Aufnahme der Bewegungsbehandlung ermöglicht werden kann".

Operationsbericht: Nach querem Hautschnitt Darstellung der Grube unmittelbar kniegelenkswärts der Schienbeinrauhigkeit. Ein Pfriem wird zur Eröffnung der Markhöhle eingebohrt. Einführen des stumpfen Führungsspießes für den Bohrer, der nach einigen Hammerschlägen die erste

Abb. 1: Geschlossener Unterschenkelbruch. Man beobachte das Verhältnis der Dicke der vorderen und hinteren Corticalis. Das Verhältnis der Stärke der Markhöhlenvorder- und -hinterwand ist 12/7 mm.

Biegung überwindet und sich dann relativ leicht in den Markraum vorschieben läßt. Unter Bildwandlerkontrolle Auffädelung des fußnahen Bruchstückes mit dem Spieß, der sich bis in die Nähe des oberen Sprunggelenkes vorschieben läßt. Die Ausmessung der Markhöhle in ap- und Seitenansicht ergibt als dünnsten Durchmesser des sanduhrförmig eingeschnürten Markraumes 8 mm. Die weiteste Stelle des Markraumes, wo noch der Nagel-Corticalis-Kontakt erwünscht ist, beträgt 13 mm. Es fällt auf, daß im Seitenbild die Dicke der Knochenrindenzeichnung

gegenüber der hinteren Knochenrindenzeichnung erheblich größer ist (12/7 mm, siehe Abb. 1 Seite 47). Aufbohren der Markhöhle, beginnend mit 8 mm Bohrer bis zu 13 mm, mit biegsamer Welle. Das Vorführen des Bohrers gelingt relativ leicht. Der Bohrer wird gut bis zum fußgelenknahen Bruchstück geführt. Dabei hat man den Eindruck, daß vorwiegend von dem hinteren Anteil der Knochenrinde Knochensubstanz abgefräst wird. Somit vorsichtiges Eintreiben eines 12 mm starken KÜNTSCHER-Nagels mit Kleeblattprofil. Anfangs gleitet der Nagel ganz gut, jedoch tritt nach 1/3 der Nagelstrecke ein starker Widerstand auf, der durch die Berührung der Nagelspitze mit der hinteren Corticaliswand verursacht wird. Vorsichtiges Weitertreiben des Nagels mit kurzen Hammerschlägen. Man meint, der Nagel läuft weiter. Es besteht immer noch ein gewisser Widerstand, so daß man die Führung des Nagels in der Markhöhle vermuten kann. Röntgenaufnahme bei liegendem Marknagel und Führungsspieß (siehe Abb. 2 Seite 49). Die Röntgenkontrolle des Unterschenkels zeigt nunmehr im ap-Bild die Aussprengung eines 14 cm langen schnabelförmigen Knochenrindenstückes schienbeinwärts und ebenfalls die Isolierung eines etwa 5 cm langen keilförmigen Knochenrindenstückes wadenbeinwärts in unmittelbarer Nähe des Bruchspaltes. Das frakturnahe Ende des proximalen Markrohres erscheint nunmehr klaffend und weist insgesamt gegen-

a) seitlich b) ap

Abb. 2: Aussprengung der hinteren Corticaliswand des proximalen Bruchstückes bedingt durch die einseitige Abfräsung beim Aufbohren der Tibia. Zustand nach Einschlagen des Nagels. a) seitliche und b) ap-Aufnahme

über dem fußnahen Bruchstück eine Verbreiterung von annähernd 5 mm nach beiden Seiten auf. Der Nagel selbst projiziert sich im Markraum noch 4 Querfinger vom Bruchspalt entfernt. Im Seitenbild erkennt man folgenden Befund: der Nagel hat sich durch den hinteren Anteil der Corticalis durchgebohrt. Der Führungsspieß biegt deutlich nach hinten aus. Bei kritischer Betrachtung sieht man, daß die Bohrköpfe fast ausschließlich den rückwärtigen Anteil der Corticalis bearbeitet und sie damit

erheblich verschmälert haben. Der Nagel hat deswegen keine entsprechend feste Führung gehabt und ist dem geringsten Widerstand folgend nach hinten unter Mitnahme des oben beschriebenen Bruchstückes ausgewandert. Zudem erkennt man, daß die Aufbohrung selbst noch nicht weit genug an das obere Sprunggelenk geführt worden ist. Mit einem 12 mm Bohrer wird nach weiterem Vortreiben des Spießes in die Markhöhle noch bis in Nähe des oberen Sprunggelenkspaltes aufgebohrt. Nunmehr wird ein 11 mm starker Nagel wiederum über den Führungsspieß in die Markhöhle eingeführt, nachdem vorher etwa 1/5 seines spitzen Nagelendes zur Auffädelung des distalen Fragmentes nach dorsal aufgebogen wurde. Vorsichtiges Eintreiben mit kniegelenkwärts gerichtetem Druck auf den noch aus der Markhöhle herausragenden Nagelanteil. Unter der Bildwandlerkontrolle gelingt es trotz guter Stellung der Fragmente nicht, den Nagel der Markhöhle entlang in das distale Fragment zu führen. Um weitere Komplikationen durch Erhöhung der Infektionsgefahr auszuschließen, wird die Nagelung abgebrochen und der Entschluß gefaßt, die Fraktur weiter durch Extension und Lagerung auf Schaumgummischiene zu behandeln. Eine Erklärung für die Unmöglichkeit, die Nagelung im vorliegenden Falle durchzuführen, dürfte folgendermaßen gegeben sein: Der quere Unterschenkelbruch eignet sich an sich gut für die Nagelung. Die Weite der Markhöhle mit einer Diffe-

renz von annähernd 14/7 mm, also die typische sanduhrförmige Einschnürung, fordert die Aufbohrung der Markhöhle. Die Tendenz, einen möglichst kräftigen Marknagel unter entsprechend weitem Aufbohren zu verwenden, hat hier leider zu einem negativen Operationsergebnis geführt, da der Bohrer fast ausschließlich von der Hinterwand der Markhöhle Knochenmaterial abgefräst hat, so daß dieselbe gegenüber der Vorderwand erheblich dünner geworden ist. Diese Tatsache machte es dann möglich, daß der Marknagel prompt nach hinten auswandern konnte und nicht wie üblich durch die Markhöhle selbst auf seinem Weg nach fußwärts geführt wurde. Es ist hervorzuheben, daß strengstens darauf geachtet wurde, wirklich die Markhöhle unmittelbar kniegelenkwärts von dem Höcker der Schienbeinrauhigkeit ausgiebig zu öffnen, so daß der Marknagel an sich gut eingeführt werden konnte. So wird man immer wieder bei der Indikationsstellung und bei der Operationstechnik das Verhältnis der Stärke der Markhöhlenvorderwand und Hinterwand kritisch beobachten müssen. Legt sich der Führungsspieß von der Eintrittsstelle her bogenförmig an die Markraumhinterwand, so ist immer die einseitige Abfräsung der Markhöhlenwandhälfte zu befürchten. In solchen Fällen verzichte man besser auf die Anwendung eines kräftigen Marknagels, der eine weite Aufbohrung voraussetzt und wähle einen Nagel,

der eben die Stärke von 9 mm (von KÜNTSCHER als eben ausreichend stabil genug für Unterschenkelbrüche bezeichnet) hat. In diesem Falle wäre eine Aufbohrung bis 10 mm angebracht gewesen und ein 9 mm starker Nagel wäre gut zu führen und leicht einzuschlagen gewesen. Die Markraumhinterwand wäre stabil genug geblieben, die Führung des Nagels ohne Aussprengung zu ermöglichen. Eine absolut stabile Osteosynthese im Sinne KÜNTSCHERs wäre dabei aber nicht erreicht worden.

Durch diesen intraoperativen Zwischenfall wurde die Dauer der stationären Behandlung auf 12 Monate verlängert ! Es kam zur Entstehung einer Pseudarthrose und der Verletzte mußte mit einem Stützapparat versorgt werden. Die Minderung der Erwerbsfähigkeit wurde bei der Entlassung aus der stationären Behandlung mit 60 %, bei der Festsetzung der 1. Dauerrente mit 40 % eingeschätzt. Knöcherne Durchbauung der Pseudarthrose konnte erst nach 2,5 Jahren nachgewiesen werden.

In einem anderen von uns beobachteten Fall wurde der Marknagel zu weit distal im Bereich der Schienbeinrauhigkeit eingeschlagen. Infolgedessen wurde die hintere Corticalis ausgesprengt, da der Nagel zwangsläufig zu steil eingeführt wurde (siehe Abb. 3 S. 53).

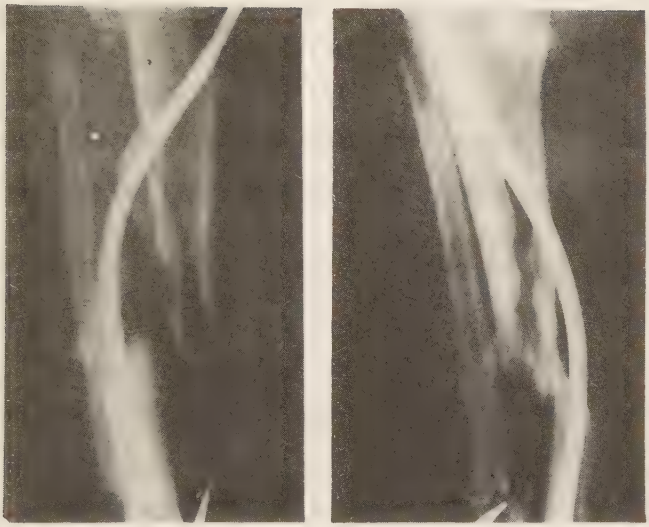


Abb. 3: Aussprengung der hinteren Corticalis beim Einschlagen des Nagels in die Markhöhle. Der Nagel wurde hierbei zu weit distal und sehr steil eingeführt.

Eine stabile Osteosynthese konnte nicht erreicht werden. Trotz zusätzlicher Ruhigstellung im Gipsverband entwickelte sich eine Pseudarthrose. Zusätzlich stellte sich eine Teilsteife des Kniegelenkes ein. Der Verletzte mußte mit einem Stützapparat versorgt werden. Die Dauer der stationären Behandlung betrug 15 Monate. Die Minderung der Erwerbsfähigkeit wurde zum Zeitpunkt der Entlassung aus der stationären Behandlung mit 60 % und bei der Festsetzung der 1. Dauerrente mit 50 % eingeschätzt. Der 39-jährige Verletzte konnte seinen Beruf als Maurer nicht mehr aus-

üben und mußte als Pförtner in den Arbeitsprozeß eingegliedert werden.

Die Tabelle 13 zeigt die Zusammenstellung der Verletzten, bei denen es zu ähnlichen Komplikationen kam.

Tabelle 13: Beispiele mit Aussprengung der hinteren Corticaliswandung bei der Nagelung der Unterschenkelbrüche

HB.Nr.	Aussprengung d.hint.Corticalis	Stat.Beh. in Mtn.	MdE Entlassg.	MdE 1.Dauerrente	Orth. Hilfsm.
11 256	X	12	60 %	40 %	Stützapparat
12 177	X	13	50 %	40 %	Stützapparat
8 935	X	16	40 %	30 %	Orth. Schuhe
3 716	X	15	80 %	70 %	Stützapparat
10 033	X	8	privat		Orth. Schuhe
6 262	X	18	verstarb an Magenkrebs		
	Durchschnitt:	13,5	57,8 %	45,1 %	

Die angeführten Beispiele mahnen zur kritischen Beurteilung der Röntgenaufnahmen und zur eingehenden Erwägung der Komplikationsmöglichkeiten bei der Indikationsstellung zur Marknagelung der Unterschenkelbrüche. Nur so können unvor-

hergesehene Komplikationen bei der operativen Knochenbruchbehandlung vermieden werden.

b) Die Gefahr der Verletzung des Hüftgelenkes bei der Oberschenkelmarknagelung

Durch unsachgemäßes Vorgehen bei der Marknagelung kann das der Einschlagstelle benachbarte Gelenk verletzt werden. Nach KÜNTSCHER sind solche Verletzungen bei Beachtung der entsprechenden Vorschriften absolut vermeidbar. Eine Eröffnung des Hüftgelenkes mit entsprechend schweren Folgen wurde von KÜNTSCHER nur beim Herausziehen des Marknagels beobachtet. LAARMANN beschrieb eine Infektion des Hüftgelenkes nach Oberschenkelnagelung, die zur Versteifung des Gelenkes führte. Die Infektion kam dadurch zustande, daß der Nagel zu weit medial eingeführt wurde. Eine solche zu weit mediale Einführung des Marknagels muß auf jeden Fall vermieden werden, da die Hüftgelenkkapsel sich bekanntlich über den Kopf hinaus auf den Schenkelhals erstreckt. Nach LANZ-WACHSMUTZ, TRUETA, HARRISON, HIPP und SCHOCH erfolgt die arterielle Blutzufuhr zum Schenkelhals und Hüftkopf im wesentlichen durch die aus der A. profunda femoris entspringenden Aa. circumflexae femorales medialis et lateralis, die den Schenkelhals vorne und hinten umziehen und in Höhe des Halses medial vom Trochanter major am Abgang des Ramus nutricius colli et capitis superior durch

Gefäßbrücken miteinander verbunden sind. Während der am unteren Schenkelhalsrand aus der A. circumflexa medialis abgehende Ramus nutricius colli et capitis inferior nur den kleineren kaudalen Hüftkopfanteil versorgt, ist das Verzweigungsgebiet des oberen Versorgungsastes wesentlich größer. Er ernährt den gesamten proximalen Kopfanteil bis zur Einmündung und Kommunikation mit der A. ligamenti teretis. Die im Ligamentum teres verlaufende Arterie besitzt eine verhältnismäßig geringe Bedeutung für die Versorgung des Hüftkopfes. Unter Berücksichtigung dieser anatomischen Verhältnisse wird die leichte Verletzbarkeit der Gefäße im oberen Periost- und Gelenkkapselschlauch am Hüftgelenk und die daraus resultierende Ernährungsstörung im oberen Hüftkopfanteil und Schenkelhalsbereich verständlich. Wird der Marknagel zu weit medial am Schenkelhals eingeschlagen, erfolgt eine Traumatisierung der Gefäße im oberen Schenkelhalsbereich medial vom Trochanter major. Zwangsläufig muß es zu Durchblutungsveränderungen im proximalen Hüftkopfanteil kommen. Bei der Oberschenkelnagelung wird der Trochanter major beim technisch richtigen Vorgehen freigelegt und der Marknagel an typischer Stelle eingeschlagen. Hierbei kann die eben erwähnte Gefäßschädigung nicht auftreten. Lediglich bei atypischen Gefäßverhältnissen kann es einmal zur Schädigung des Hüftkopfes kommen (KRAUSE). Anders liegen die Verhältnisse bei der oft geübten offenen Marknagelung des Oberschenkels, wobei der Führungsspieß

von distal her in das proximale Bruchstück vorgeschoben und so der Trochanter major von der Markhöhle her eröffnet wird. Hierbei besteht die Gefahr, insbesondere bei etwas stärker nach medial konvexer Schwingung des proximalen Oberschenkelschaftes, daß der Führungsspieß zu weit nach medial läuft und durch Vorschlagen am Schenkelhals intrakapsulär herausgeführt wird. Nach Aufbohren der Markhöhle von distal her wird dann der Marknagel an atypischer Stelle von proximal in die Markhöhle hineingetrieben. KRAUSE weist mit Nachdruck darauf hin, daß die Lage des Führungsdrahtes vor dem Einschlagen des wesentlich dickeren und deshalb weitgehend gefährlicheren Marknagels röntgenologisch auch an seiner proximalen Austrittsstelle genau kontrolliert werden muß ! Erst danach sollte die eigentliche Marknagelung, bei der ja zumeist nur auf die Stellung der Fraktur selbst geachtet wird, erfolgen.

SCHÖLINGER berichtet in einer Arbeit über 4 Fälle von Oberschenkelmarknagelungen, bei denen es durch fehlerhafte Technik in 2 Fällen zur Versteifung, in den beiden anderen Fällen zu einer Teilversteifung des Hüftgelenkes gekommen ist. In einem Fall wurde vom Operateur die zutreffende Diagnose einer direkten Hüftgelenksverletzung gestellt. Über diese Komplikationen bei der Marknagelung des Oberschenkelschaftes wurde in der Literatur bisher wenig berichtet. In unserem Patientengut fanden wir 4 Ver-

letzte, bei denen auswärts eine Oberschenkelmarknagelung durchgeführt und der Marknagel nach Einführen des Führungsspießes von distal her in die Markhöhle eingeschlagen und zu weit medial am Schenkelhals herausgestoßen wurde. Bei der Durchsicht der Akten fällt besonders auf, daß in keinem Fall die richtige Diagnose einer direkten, durch die Nagelung hervorgerufenen Hüftgelenksschädigung gestellt worden war. Die mittel- bis hochgradigen schmerzhaften Bewegungseinschränkungen der Hüftgelenke und die röntgenologisch faßbaren Veränderungen im Bereich des Hüftgelenkes waren überhaupt nicht beschrieben oder auf andere Ursachen bezogen worden. Erst nach der Nagelentfernung und Durchführung einer intensiven Übungsbehandlung konnte bei den obengenannten Verletzten wieder eine eben ausreichend gute Beweglichkeit des Hüftgelenkes erzielt werden. Wir verweisen auf die Abbildungen 4 und 5 der folgenden Seite.

Es sind die Röntgenaufnahmen von 2 Verletzten abgebildet. Die Patienten wurden wegen eines Oberschenkelbruches primär offen mit einem Küntschernagel versorgt. Die mediale Lage des proximalen Nagelendes im Hüftgelenk-Kapselbereich ist deutlich erkennbar, auch die Tatsache, daß sich später verknöchernde Schleimbeutelkappen im Bereich des proximalen Nagelendes ausbildeten (siehe Abb. 5 Seite 59).

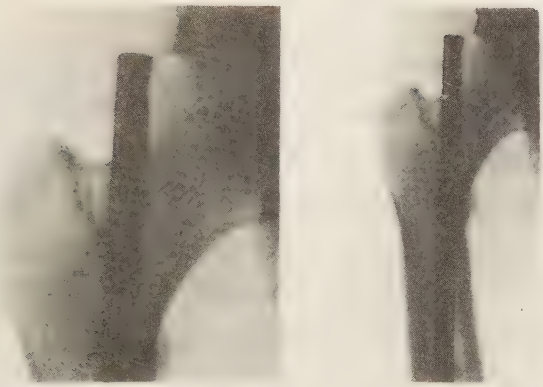


Abb. 4: Der Küntschernagel liegt zu weit medial. Mit seinem proximalen Ende hat er oberhalb des Pfannendaches eine deutliche Usur im Acetabulum gesetzt. Die beginnende Verknöcherung einer Schleimbeutelkappe in der Umgebung des proximalen Nagelendes ist deutlich erkennbar.

Abb. 5: Ein weiteres Beispiel zeigt ebenfalls den KÜNTSCHER-Nagel zu weit medial im Bereich des Schenkelhalses eingeschlagen. Erhebliche Bewegungseinschränkung des Hüftgelenkes (die Ad- und Abduktion war fast vollständig aufgehoben). Die Verknöcherung im Bereich des proximalen Nagelendes entstand in der Zeit von etwa 6 - 8 Wochen.

Auch wenn es bei diesen Verletzten nicht zu einer Versteifung des Hüftgelenkes gekommen ist, muß mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, wie groß die Gefahr für das Hüftgelenk ist, wenn eine fehlerhafte Technik bei der offenen Marknagelung des Oberschenkelschaftbruches angewendet wird. Eine erhebliche Bewegungseinschränkung oder Versteifung des Hüftgelenkes wirkt sich auf die Statik des gesamten Körpers so nachteilig aus, daß die Verletzten zeitlebens gezwungen sind, im Gehen, Sitzen und im Liegen, den Bewegungsausfall des Hüftgelenkes mit allen benachbarten Gelenken einschließlich der Wirbelsäule zu kompensieren.

4. Bruch und Verbiegung des Marknagels als Spätkomplikation

Unter den Spätkomplikationen nach der Marknagelung nehmen Nagelverbiegungen und Marknagelbrüche mit nachfolgender Pseudarthrose eine gesonderte Stellung ein. Diese Komplikationen treten nicht selten wie aus heiterem Himmel auf und bedeuten für den Patienten eine schwere Beeinträchtigung der Funktionen, die nur durch einen weiteren umfangreichen operativen Eingriff wieder normalisiert werden können. Wenn auch die Komplikationen des Marknagelbruches und der Marknagelverbiegung nur in einem geringen Prozentsatz nach der Marknagelung auftreten, so konnte z.B. AMMANN aus dem Verletzungsgut der Schweizerischen Versicherungs-

anstalten 1952/53 bei 50 genagelten Oberschenkelbrüchen 5 derartige Komplikationen mitteilen. Neben einer Anzahl von Einzelpublikationen wurden in Übersichtsreferaten bei der Besprechung der Gefahren der Marknagelung die Nagelverbiegungen und die Marknagelbrüche als schwerwiegende Komplikationen erwähnt (KARGL, SCANCONI, STOTZ, L. BÖHLER, BÜRKLE DE LA CAMP, BÜTTNER, STICH, KINDLER, KÜNTSCHER, KARITZKI, HÄBLER, M. LANGE).

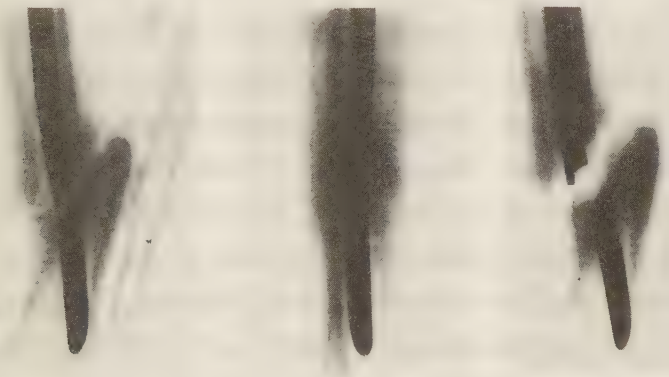
KÜNTSCHER nimmt zur Frage des Marknagelbruches und der Marknagelverbiegung folgendermaßen Stellung: " Ich habe niemals einen derartigen Mißerfolg gesehen, wenn eine stabile Osteosynthese mit einem genügend dicken und langen Nagel erzielt wurde !" Mißerfolge nach Marknagelung sind in der Mehrzahl der Fälle durch einen zu dünnen Nagel verursacht. In dem reichhaltigen Material des Unfallkrankenhauses Murnau haben wir Gelegenheit gehabt, den Fragenkomplex der Komplikationen nach Marknagelung eingehend zu untersuchen, da uns eine Reihe von Komplikationen nach auswärts erfolgten Nagelungen zur Behandlung überwiesen wurden. Bei der kritischen Durchsicht unseres Patientengutes mußten wir feststellen, daß für die Mißerfolge ausnahmslos die Nagelung mit zu dünnem Marknagel und die vorzeitige Belastung als Hauptursachen verantwortlich zu machen sind. Einen Bruch oder eine Verbiegung des Marknagels bei vorschriftsmäßig durchgeführter Marknagelung mit genügend dickem und

auch ausreichend langem Marknagel fanden wir in unserem Patientengut nicht.

Bei der Durchsicht der genagelten Oberschenkelbrüche fanden wir 4 Fälle mit Marknagelbruch und 3 Fälle, bei denen es zu einer Verbiegung des Marknagels gekommen ist. Bei den genagelten Unterschenkelbrüchen kam es bei 4 Verletzten zu einer Verbiegung des Marknagels und bei 11 Verletzten zu einem Marknagelbruch. Bei sämtlichen Verletzten mit Nagelbruch am Ober- oder Unterschenkel war ein zu dünner und in einigen Fällen ein zu dünner und zu kurzer Marknagel eingeschlagen worden. Es konnte außerdem nachgewiesen werden, daß die Verbiegung und der Bruch des Marknagels stets durch eine vorzeitige Belastung des knöchern nicht fest ausgeheilten Bruches zustande gekommen war.

Die Röntgenaufnahmen der Abbildung 6 auf Seite 63 sollen veranschaulichen, wie kritiklos in vielen Fällen nach unvorschriftsmäßig durchgeführter Marknagelung der Heilungsprozeß der operierten Fraktur beurteilt wird. Wie aus der Abbildung 6 ersichtlich, kam es beim Verletzten nach Versorgung des Unterschenkelbruches mit einem zu dünnen und kurzen Marknagel nach vorzeitiger Belastung des Beines zu einer Unterschenkelachsenknickung im O-Sinne im Bruchbereich. In verschiedenen Krankheits- und Zwischenberichten wird über eine gute Stellung der Fragmente und über einen

komplikationslosen Heilverlauf berichtet, die Fraktur wird als "röntgenologisch in einer Richtung fest" bezeichnet ! Der Verletzte wurde mit 20 % Minderung der Erwerbsfähigkeit arbeitsfähig aus der Behandlung entlassen. Zu diesem Zeitpunkt bestand nach Angaben des Verletzten eine erhebliche Schwellung des Unterschenkels und eine Schmerzhaftigkeit im Bruchbereich. Nach zunehmender Belastung kam es vorerst zur Verbiegung und schließlich zum Bruch des Marknagels.



a) ap-Aufnahme b) seitl. Aufnahme c) ap-Bild nach Nagelbruch

Abb. 6: Der Unterschenkelschrägbruch wurde mit einem zu dünnen und vor allem zu kurzen Marknagel versorgt. Mangelhafte Reposition vor der Nagelung und zu frühe Belastung der knöchern noch nicht festen Fraktur. Fehlstellung und Falschgelenkbildung und nach zunehmender Belastung Marknagelbruch !

Ähnlich waren die Verhältnisse bei den übrigen untersuchten Verletzten mit Bruch des liegenden Marknagels. Stets

konnte die vorzeitige Belastung des mit dünnem Marknagel versorgten Bruches nachgewiesen werden !

HERRMANN sieht eine Ursache der Mißerfolge darin, daß der Marknagel primär alle den Frakturkallus beeinflussenden Kräfte abfängt, wodurch die Tragfähigkeit und Stabilität des neu zu bildenden Knochens verhindert werden kann. Wenn nach der Marknagelung durch Resorption des Knochens der Nagel sich sekundär lockert, muß plötzlich und unvorbereitet der eben neugebildete Knochen die gesamte Belastung übernehmen. Zu diesem äußerst kritischen Zeitpunkt kann bei starker Beanspruchung (Muskelzug, Biegebeanspruchung) der neugebildete Knochen dann mitsamt dem Nagel brechen. Charakteristisch für diesen kritischen Zeitpunkt ist die scheinbar gute Belastungsfähigkeit über längere Zeit hinweg. Natürlich kann eine Refraktur erst dann auftreten, wenn der nunmehr lockere Nagel seine stabilisierende Funktion dem noch nicht knöchern fest durchgebauten Knochen übergibt. In vielen Fällen der genagelten Frakturen war ein kritisches Gefahrenmoment nicht bemerkt worden und Nagelverbiegung sowie Nagelbruch wurden als zufälliges Ereignis bewertet. Dabei kann man bei genauer Betrachtung in fast allen Fällen die mangelhafte Stabilität des zu dünnen Nagels als die Ursache erkennen. Darüber hinaus dürfte es allerdings bei manchen mit KÜNTSCHER-Nagel versorgten Frakturen ratsam sein, trotz stabiler Osteosynthese dem biologischen

Verhalten des Knochens mehr Rechnung zu tragen. Der Zeitpunkt der vollen Belastung der Fraktur muß in jedem Fall individuell bestimmt werden. Hierbei spielt die eingehende Beurteilung der Röntgenaufnahmen eine wesentliche Rolle. In vielen Fällen kann erst durch Schräg- oder Schichtaufnahmen der Heilungszustand der Fraktur genau beurteilt werden. Ist aus irgendeinem Grunde mit der Marknagelung nur eine unvollkommene Osteosynthese erreicht worden, muß die Weiterbehandlung nach den jetzigen biologischen Gegebenheiten der Fraktur ausgerichtet und die Fraktur im Gipsverband unter Hochlagerung des Beines ruhiggestellt werden. Ist der Regenerationsprozeß genügend ausgereift, kann mit dosierten und allmählich gesteigerten Bewegungs- und Belastungsübungen begonnen werden. Durch dieses Vorgehen wird eine eventuell schädigende mechanische Irritation durch den Nagel vermieden und die knöcherne Heilung gesichert. Hierdurch können auch die Spätkomplikationen, wie Nagelbrüche, Nagelverbiegungen und Pseudarthrosen vermieden werden. Somit trägt die Hauptschuld an den Spätkomplikationen die vorzeitige Belastung der knöchern nicht fest ausgeheilten Fraktur und erst in zweiter Linie der zu dünne Marknagel !

Ist es wegen eines zu dünnen Marknagels zur Falschgelenkbildung gekommen, so ist der zu dünne Nagel an einem bestimmten Punkt einer dauernden Biegebeanspruchung ausge-

setzt, wodurch es zur Materialverformung und letzten Endes zum Ermüdungsbruch kommt. Die elektrochemische Korrosion oder gar ein Materialfehler sind als Ursache für einen Marknagelbruch von untergeordneter Bedeutung. Eine Beschädigung der Metalloberfläche oder eine Roststelle größeren Ausmaßes sind wie eine in einen Stab geschnitzte Kerbe aufzufassen. Es tritt eine hohe Spannungsspitze im Grunde der Kerbe auf und es ist dadurch ein locus minoris resistentiae gegeben.

5. Die Korrosion und Metallose bei der Metallosteosynthese

Unter dem Begriff Korrosion sind sämtliche Vorgänge zu verstehen, die bei einem metallischen Werkstoff eine von der Oberfläche ausgehende chemisch oder elektrochemisch bedingte Materialzerstörung hervorrufen (CHRISTEN). Als Metallose werden zusammenfassend die lokalen Schäden und geweblichen Veränderungen bezeichnet, die von dem in das Körpermilieu eingebrachten metallischen Fremdkörper unmittelbar durch Druck und mittelbar durch eine chemische Umsetzung mit der Körperflüssigkeit (elektrolytische Vorgänge) und schließlich durch die daraus resultierenden biologischen Reaktionen des ortsständigen Gewebes verursacht werden (CONTZEN).

Nach NICOLE ist das Vorhandensein elektrischer Ströme (Volta-Element) die Voraussetzung für das Zustandekommen von Korrosion. Bei Verwendung verschiedener Metalle ist die Entstehung eines Volta-Elements in einer elektrolytischen Lösung, wie sie der Gewebssaft darstellt, leicht verständlich. Dabei bildet das unedlere Metall stets die Anode, an der der Korrosionsprozeß seinen Anfang nimmt. Nachdem ORSOS bei dem Versuch, eine Aluminiumplatte mit Messingschrauben am Oberarmkopf zu befestigen, eine dramatische Reizung des N. ulnaris beobachtet hat, wies er als erster darauf hin, daß galvanische Ströme die Knochenbruchheilung und das Gewebe beeinflussen (SCHNABELMEIER, J.BLÜML).

Sowohl bei metallischen als auch bei Kunststoffimplantaten sind biochemische Voraussetzungen entscheidend für den therapeutischen Erfolg. Unter ständiger deformierender Belastung ist die Molekularstruktur und damit die primäre metallurgische Eigenschaft eines jeden Werkstoffes verändert (CONTZEN, BROGHAMMER). NICOLE konnte durch seine Beobachtungen bei Osteosynthesen und durch Versuche die Bedeutung der abnormen mechanischen Konstellation sowohl für die Ausbildung der Gewebsschäden in der Umgebung der Metallimplantate, als auch für die Entwicklung von Metallosen nachweisen und damit die Kausalitätsverhältnisse klären. Eine Übersicht über den Zusammenhang zwischen Fragmentstellung, Metallimplantat und Gewebsreaktion gibt die Abbildung 7, Seite 68.

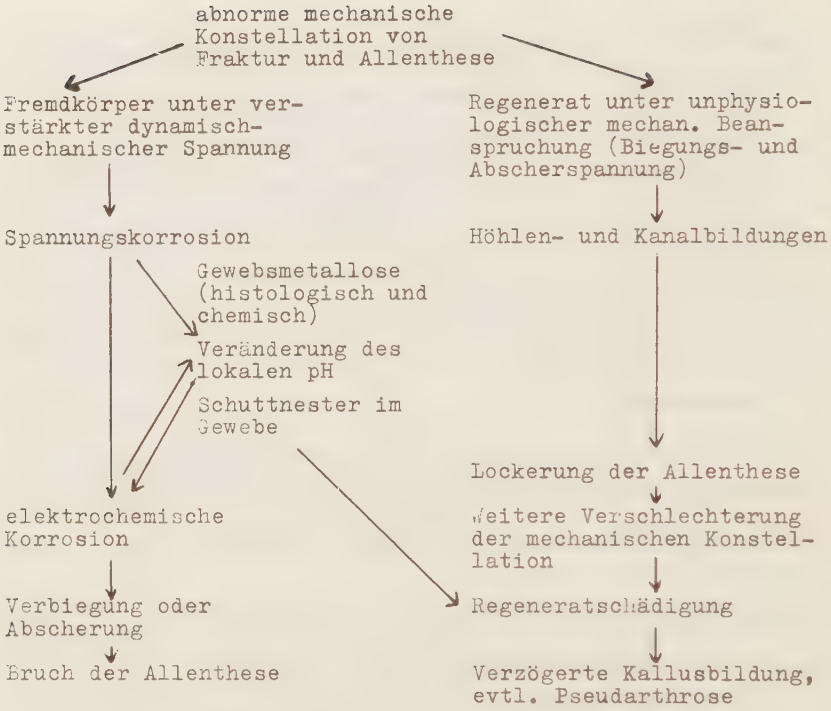


Abb. 7: Kausalitätskette für Korrosion und Metallose nach NICOLE.

Inwieweit überhaupt noch ein direkter Zusammenhang zwischen gestörter Kallusbildung und dem elektrischen Strom bei metallischer Osteosynthese besteht, konnten SANDER und GRAFE an einer eigenen Versuchsreihe mit 118 Kaninchen klären. Es wurde dabei nachgewiesen, daß bei der Verwendung erprobter gewebsfreundlicher Metalle kein schädigender Einfluß auf die Knochenbruchheilung entsteht. Die Anwendung von Strömen

bis 600 mV und 0,03 mA hinterließen keinerlei Spuren im Heilungsprozeß. Zwischen 700 und 1 000 mV unter gleicher Stromstärke wurde sogar ein stimulierender Effekt beobachtet, der aber nicht im Sinne einer Reizkallusbildung nach KÜNTSCHER aufzufassen war. Andererseits fielen ab 700 mV verstärkte Korrosionen an den Praedilektionsstellen auf. Korrosion und Metallose blieben jedoch auch hier wie üblich lokal begrenzt und störten die allgemeine Knochenbruchheilung nicht !

Die im Unfallkrankenhaus Murnau entfernten verbogenen und gebrochenen Marknägel zeigten ausnahmslos erhebliche Korrosionserscheinungen. Bei 10 % aller anderen entfernten Marknägel konnten oberflächliche Korrosionserscheinungen nachgewiesen werden. Bei der Entfernung von Platten und Schrauben der AO konnten wir fast in 80 % Korrosionserscheinungen an den Platten und Gewebsveränderungen in der unmittelbaren Umgebung der Platten beobachten.

Bei gleichzeitiger Einbringung von zwei oder mehr Metallimplantaten in das Körpergewebe erhöhten sich sowohl die Häufigkeit, als auch das Ausmaß von Korrosion und Metallose. Für jedes Implantat allein sind die Möglichkeiten zur Ausbildung von Gefügestörungen gegeben. Beim Kontakt von zwei metallischen Werkstoffen kommen noch mechanische Momente hinzu, durch die der schützende Oxydationsüberzug an der

Berührungsstelle zerstört wird. Bei der Verwendung von verschiedenen Metallen wird im Gewebe ein echtes galvanisches Element aufgebaut. An der Berührungsstelle von zwei Metallen bilden sich meistens die sogenannten "face korrosion" (SCALES) aus, die die häufigste Form der makroskopisch feststellbaren Korrosionen darstellen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Kombination der KÜNTSCHER-Nagelung mit der Drahtumschlingung.

6. KÜNTSCHER-Nagelung mit zusätzlicher Drahtumschlingung

Bei Trümmerfrakturen und Brüchen mit ausgesprengten Dreh- und Biegungskeilen wurde bei der Marknagelung die zusätzliche Drahtumschlingung zur Stabilisierung der Fraktur angewandt. KÜNTSCHER lehnt dieses Verfahren mit folgender Begründung ab: "Die Kompakta des Knochens wird im wesentlichen von Gefäßen ernährt, die vom Periost her in sie eintreten. Da die im Vergleich dazu unbedeutende Blutversorgung vom Markraum her durch das Aufbohren und Nageleinschlagen mit Sicherheit unterbrochen ist, muß eine Störung der Blutversorgung von außen durch die zusätzliche Drahtumschlingung die Ernährung der Fragmente gefährden." Im Falle von Quer- oder Schrägbrüchen des Schaftes, die mit Längsfissuren oder Längsbrüchen kombiniert sind, ist nach KÜNTSCHER die Drahtumschlingung in Ausnahmefällen eine Notlösung. Eine Wundinfektion führt

jedoch in diesen Fällen zur Sequestrierung der angelegten Fragmente.

L. BÖHLER empfiehlt dagegen bei der Nagelung die ausgesprengten Fragmente mit Drahtschlingen am proximalen oder distalen Hauptbruchstück zu befestigen. Bei größeren Fragmenten solle die Befestigung vor und bei kleineren ausgesprengten Knochenstücken nach der Nagelung erfolgen.

Wir lehnen die Drahtumschlingung vollkommen ab. Auch die AO vertritt diesen Standpunkt. Es gibt heute keine Indikation mehr für diesen Eingriff !

Im Krankengut unserer Klinik fanden wir 8 Oberschenkel- und 8 Unterschenkelbrüche, die auswärts mit Marknagel und zusätzlicher Drahtumschlingung versorgt worden waren und mit einer Falschgelenkbildung ausgeheilt sind. In allen Fällen, bei denen in anderen Kliniken die Oberschenkelnagelung mit einer Drahtumschlingung kombiniert worden war, hatte sie die knöchern feste Durchbauung der Brüche erheblich verzögert, und die Angaben von KÜNTSCHER fanden ihre Bestätigung. HEINEMANN stellte bei den Marknagelungen mit zusätzlicher Anwendung der Drahtumschlingung bei Patienten mit subtrochantären Oberschenkelbrüchen eine durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit von 6 Monaten fest. Bei 3 Verletzten unseres Patientengutes konnte die knöchern feste Durchbauung

der Oberschenkelbrüche erst nach erneuter Operation mit Beseitigung der Falschgelenkbildung erreicht werden. In einem Fall konnte 4 Monate nach der Operation immer noch keine Kallusbildung festgestellt werden, dagegen trat nach Entfernung der Drahtschlingen innerhalb von 4 Wochen eine feste knöcherne Durchbauung der Fraktur ein. Bei den 8 Unterschenkelbrüchen, die mit Marknagel und zusätzlicher Drahtumschlingung versorgt worden sind, konnte in 4 Fällen eine knöcherne Durchbauung erzielt werden. In 3 Fällen ist eine Falschgelenkbildung entstanden, so daß die Verletzten, die einen weiteren operativen Eingriff abgelehnt haben, mit Stützapparat versorgt werden mußten. Wegen einer nicht beherrschbaren Osteomyelitis am Unterschenkel war man gezwungen, bei einem Verletzten die Unterschenkelamputation vorzunehmen. Bei der kombinierten Verwendung von Marknagel und Drahtumschlingung war durch die Komplikationen der Heilverlauf erheblich verlängert. Die Oberschenkelbrüche benötigten bis zur knöchernen Durchbauung zwischen 6 und 64 Monaten, im Durchschnitt 19,2 Monate, die Unterschenkelbrüche zwischen 12 und 40,5 Monate, durchschnittlich 19,8 Monate !

Der Heilverlauf des Knochenbruches bei der eben beschriebenen kombinierten Art der operativen Knochenbruchbehandlung ist ganz charakteristisch. Im Bereich der angelegten Drahtschlingen sieht man in Höhe der ausgesprengten und durch Drahtschlingen befestigten Fragmente keine periostale Kno-

chenbildung. Die mit Marknagel und zusätzlicher Drahtumschlingung versorgten Oberschenkelbrüche zeigten weiter eine ganz typische mediale parossale Kallusbrücke und das Fehlen des periostalen Kallus an der lateralen Seite des Oberschenkelknochens. Zudem erkennt man das Ausbleiben der knöchernen Durchbauung des Bruchspaltes im lateralen Bereich (Abb. 8 a-c).

a) b) c)

Abb. 8 a,b: Mit KÜNTSCHER-Nagel und zusätzlicher Drahtumschlingung versorgter linksseitiger Oberschenkelbruch. Typische mediale Kallusbrücke bei vollständigem Fehlen der periostalen Kallusbildung an der lateralen Seite des Femur. Zustand 2 Jahre nach durchgeführter Operation.

Abb. 8 c: Mit KÜNTSCHER-Nagel und Drahtumschlingung versorgter Unterschenkelbruch. 5 Monate nach der Operation keinerlei Zeichen einer periostalen Kallusbildung !

Faßt man diese Ergebnisse zusammen, so muß man die negative Einstellung KÜNTSCHERs zu diesem Verfahren unterstreichen. Auch die Arbeit von REHM bestätigt die zu erwartende Störung der Durchblutung des Knochens bei Metallapplikationen innen und außen am Knochenrohr. Schon bei der Drahtumschlingung allein wird immer wieder auf die möglichen Störungen des Heilverlaufes durch Drosselung der Blutversorgung hingewiesen (SCHINK). Die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen lassen es daher angezeigt erscheinen, diese Behandlungsmethode bei der operativen Knochenbruchbehandlung zu vermeiden !

7. Achsen- und Drehfehlstellung als Komplikation bei der intramedullären Fixation der Ober- und Unterschenkelbrüche

Im Schrifttum ist über Drehfehler und Achsenfehlstellungen nach Nagelung früher verhältnismäßig wenig berichtet worden. Dagegen wird in Tagungsdiskussionen immer wieder mit einer gewissen Hartnäckigkeit auf die Drehfehlergefahr hingewiesen; dies ist sicher unberechtigt ! Über die Häufigkeit oder Entstehung dieser Komplikation wird ebenso nichts berichtet. In letzter Zeit waren es KOSLOWSKI, WELLER, LINKE, FAUBEL, HACKETHAL, BUCHNER und SCHINK, die den Drehfehler und die Achsenfehlstellung in ihren Arbeiten erwähnten. In diesen Arbeiten gehen die Meinungen über die Häufigkeit der Dreh-

und Achsenfehlstellungen weit auseinander. FAUBEL, KOSLOWSKI, WELLER und HERZOG sind der Meinung, daß diese Fehler häufig sind, während MAATZ und KÜNTSCHER dagegen diese für eine äußerst seltene Komplikation halten. MAATZ beobachtete im Krankengut der Kieler Chirurgischen Universitätsklinik bis zum Jahre 1949 unter 173 geschlossenen Oberschenkelbrüchen 4 Drehfehler. Es handelte sich dabei um 15, 30 und 50 Grad und einmal sogar um eine Fehlstellung von 90 Grad, stets im Sinne der Außendrehung. Unter 245 geschlossenen und offenen Frakturen des Unterschenkels konnte er eine sichere Drehfehlstellung bis zum gleichen Zeitpunkt nicht feststellen. FAUBEL berichtet, daß er häufig Drehfehlstellungen nach Nagelungen beobachtet habe. HERZOG scheint dieser Dislokationsgefahr eine besondere Bedeutung beizumessen, da er eigens zu deren Verhinderung für die Tibia den Rohrschlitznagel entwickelte.

Zweifellos kommt durch den aufrechten Gang des Menschen dem Bein und dem Fuß eine besondere statische Bedeutung zu. Für diese Beanspruchung zeigt der normale anatomische Aufbau eine Parallelstellung der Querachsen von Hüft-, Knie- und oberer Sprunggelenkachse, die ihrerseits wieder in einem Winkel von 90 Grad zur Dreh- und Hauptachse der Gesamtextremität stehen. Jede noch so geringe Abweichung dieser Achsenverhältnisse führt zu einer Beeinträchtigung des Zusammenspieles der verschiedenen Gelenke. Eine solche

Beeinträchtigung ist durch eine Dreh- und Achsenfehlstellung gegeben. Die Beschwerden entsprechen dem Schweregrad der statischen Veränderungen. Oft bilden sich Reizergüsse im Knie- oder Sprunggelenk aus. Die Störungen im Muskelgleichgewicht führen durch den veränderten Spannungsgrad der einzelnen Muskeln zur Fehlbelastung des Gelenkknorpels und es entsteht vorzeitig eine Arthrosis deformans.

Im Krankengut unseres Hauses fanden wir 17 mit KÜNTSCHER-Nägel versorgte Unterschenkelbrüche, die mit Falschgelenkbildung und mit Achsenfehlstellung ausgeheilt sind. Die Achsenfehler betrugen 15 bis 25 Grad. Eine Drehfehlstellung konnte bei 7 Verletzten beobachtet werden. Es handelte sich ausnahmslos um Außendrehfehlstellungen zwischen 10 und 25 Grad.

Der Drehfehler und die Achsenfehlstellung am Unterschenkel bedeuten für das Ergebnis der Bruchbehandlung eine nicht zu vernachlässigende Komplikation, da die dabei immer zu erwartenden Spätschäden besonders im Bereich der Sprunggelenke die Belastungsfähigkeit des Beines herabsetzen und eine ungebührlich hohe Minderung der Erwerbsfähigkeit verursachen können. Deshalb haben wir den Entstehungsmechanismus dieser Komplikationen anhand der Röntgenaufnahmen, der klinischen Befunde und der Vorgeschichte genau untersucht. Dabei fanden wir 5 wichtige Faktoren, die unter ungünstigen Bedingungen

die Entstehung einer Dreh- oder Achsenfehlstellung verursachen können:

a) Die Verwendung eines zu dünnen, an seinem proximalen und distalen Ende leicht gebogenen Unterschenkelnagels,

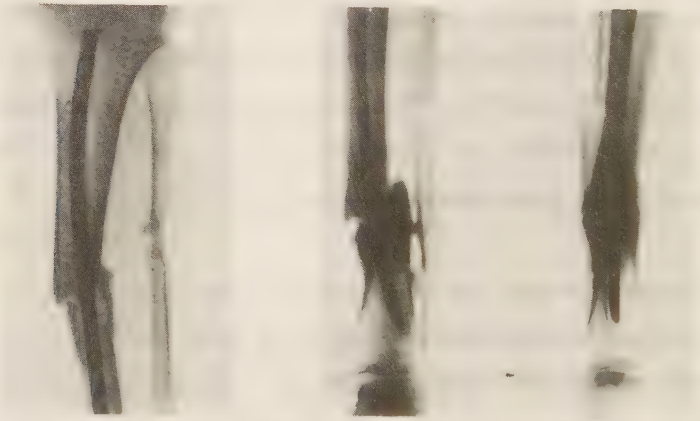
b) Falsche Indikationsstellung für die Nagelung (Trümmerbrüche, Mehrfragmentbrüche, gelenknahe Frakturlokalisation).

c) Das Einführen eines dünnen Unterschenkelnagels an atypischer Stelle (medial oder lateral der Tuberositas tibiae).

d) Vorzeitige Belastung der genagelten Extremität.

Beim Zusammentreffen der oben erwähnten Faktoren muß es fast unweigerlich zur Entstehung einer Dreh- oder Achsenfehlstellung kommen. Nach vorzeitiger Belastung eines mit zu dünnem, gebogenem unterschenkelnagelversorgten Bruches an der proximalen oder distalen Drittelgrenze des Knochens folgt der Marknagel dem Weg des geringsten Widerstandes. Wenn eine elastische Verklemmung des Nagels mit der Markhöhle nicht besteht, dreht er sich um die eigene Achse um annähernd 90 Grad nach außen. Hierdurch entsteht eine Abknickung des körperfernen Bruchstückes im X-Sinne. Um das Ligamentum patellae zu schonen, wurde bei Unterschenkel-

brüchen der Nagel in 3 Fällen lateral oder medial von der Schienbeinrauhigkeit in den Markraum eingeführt. In allen 3 Fällen konnte eine Achsenfehlstellung des körperfernen Bruchstückes beobachtet werden. Zudem bestand bei diesen Verletzten keine wandschlüssige Verbindung des Nagels mit dem körperfernen Bruchstück. Nach vorzeitiger Belastung der scheinbar stabilen Osteosynthese trat eine zunehmende Abknickung des körperfernen Bruchstückes im X-Sinne ein (vergleiche auch Abb. 9a und b).



a) b)

Abb. 9a und b: Achsenabknickung des körperfernen Bruchstückes bei der Unterschenkelnagelung eines an der oberen (a) bzw. unteren (b) Drittelgrenze befindlichen Bruches mit zu dünnem Marknagel. Nach vorzeitiger Belastung Verdrehung des Marknagels und Fehlstellung der körperfernen Bruchstücke im X-Sinne mit Falschgelenkbildung.

Die Indikation zur operativen Beseitigung der Dreh- und der Achsenfehlstellung ist dann gegeben, wenn Beschwerden geklagt werden und durch die Fehlstellung und Fehlbelastung die Entstehung einer posttraumatischen Arthrosis deformans zu befürchten ist. Wie eine solche Fehlstellung beseitigt werden kann, ist nur im Einzelfall zu entscheiden. An unserer Klinik ist das Verfahren der Markraumsäge nach KÜNTSCHER eingeführt (PROBST) und hat sich gut bewährt, wo die spezielle Indikation für die Markraumsäge richtig gestellt war. PROBST hat über seine Erfahrungen bei der Indikationsstellung zur intramedullären Osteotomie 1967 berichtet.

D. Zusammenfassung

Anhand eigener Untersuchungen der während der Zeit von 1953 bis einschließlich 1965 im Unfallkrankenhaus Murnau behandelten 1 162 Oberschenkel- und 3 178 Unterschenkelbrüche wurde über die Komplikationsmöglichkeiten bei verschiedenen Methoden der Marknagelung mit und ohne Aufbohrung der Markhöhle berichtet. Dabei wurden insbesondere diejenigen Verletzten kritisch untersucht, bei denen nach operativer Bruchbehandlung mittels intramedullärer Metallimplantate eine Falschgelenkbildung entstanden ist. Die Mehrzahl der

Verletzten wurde bereits auswärts voroperiert und zur Weiterbehandlung in unsere Klinik überwiesen. Die Indikationsstellung für die Marknagelung bei offenen und geschlossenen Brüchen und die Probleme bei der offenen und geschlossenen Marknagelung wurden unter besonderer Berücksichtigung der jeweiligen Röntgenbefunde kritisch beurteilt. Auf die häufigsten Fehler, Gefahren bei der KÜNTSCHER-Nagelung und die Ursachen der Entstehung der Pseudarthrose und ihre Verhütungsmöglichkeiten wurde besonders hingewiesen. Das Ergebnis dieser Arbeit zeigt allzu deutlich, daß ein unbegründetes Abweichen von der von KÜNTSCHER genau beschriebenen Operationsmethode und die Mißachtung einer exakten Indikationsstellung für die Nagelung eines Ober- oder Unterschenkelbruches eine erhebliche zusätzliche Schädigung für den Verletzten bedeuten kann.

E. Literaturverzeichnis

BAUMANN, E.: Der heutige Stand der Osteosynthese in der Behandlung der Knochenbrüche (Mschr. Unfallheilk. 68, 20-23,1965)

BAUMGÄRTEL, H.: Zur Frage der primären Osteosynthese offener Frakturen (Dtsch.med. Journal 17, 153-155,1966)

BESSLER, W., u. M. MÜLLER: Die stabile Osteosynthese (Arch.f. orthop. u. Unfallchir. 53, 320-322, 1961)

BISCHOFSBERGER: Ergebnisse der operativen Behandlung von Pseudarthrosen langer Röhrenknochen (Zschr. Orthop. 81, 50-58,1951)

BLOCK, W.: Die normale und gestörte Knochenbruchheilung (Enke, Stuttgart 1940)

BÖHLER, L.: Zur Behandlung der Querbrüche mit der Marknagelung (Zbl. Chir. 31, 84-86, 1942)

BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung 12.-13. Auflage (Wilhelm Maudrich, Wien 1954)

BÖHLER, L.: Unzweckmäßige und gefährliche Methoden bei der Behandlung von Frakturen (Langenbecks Arch.klin.Chir. 295,281, 1960)

BRANDT, Gg.: Verzögerte Knochenbruchheilung und Pseudarthrosenbildung (Thieme, Leipzig 1937)

BRÜCKE, H.: Ein unangenehmer Zwischenfall bei der Marknagelung des Oberschenkels (Zbl. Chir. 32, 84-86, 1943)

BRUNNER, W.: Unsere Erfahrungen mit der Marknagelung nach KÜNTSCHER (Zschr. f. Unfallmed. u. Berufskr. 40, 103-120, 1947)

BÜRKLE DE LA CAMP,H.: Marknagelung in der Wiederherstellungschirurgie (Chirurg 17, 476-478, 1946)

BÜRKLE DE LA CAMP,H.: Fehler und Gefahren bei der operativen Behandlung frischer Frakturen (Langenbecks Arch.klin.Chir. 298, 87, 1961)

BÜTTNER, A., u. W. STICH: Operationen und chirurgische Eingriffe an der unteren Extremität. In Fehler und Gefahren bei chirurgischen Operationen, 4. Aufl., hg. von R. STICH und K.H.BAUER, Bd. II, Gustav Fischer, Jena 1958

CONTZEN H., u. H. BORGHAMMER: Korrosion und Metallose (Bruns Beitr. klin.Chir. 208, 76-84,1964)

EHALT, W.: Becken und untere Gliedmaßen. In: Klinische Chirurgie für die Praxis, hg. v. DIEBOLD, JUNGHANNS, ZUKSCHWERDT, Bd. IV, Thieme,Stuttgart 1966

EHRLICH, W.: Fehler bei der operativen Knochenbruchbehandlung und deren Vermeidung (Zbl. Chir. 90, 922-925, 1965)

FAUBEL, J.: Fehler und Gefahren bei der Unfallversorgung (Sitzung der Berliner Orthop. Ges. am 17.1.1962)

FISCHER, S.: Die Marknagelung (Chirurg 35, 558-560,1965)

FISCHER, S.: Über das Aufweiten der Markhöhle bei der Küntschernagelung (Chirurg 31, 556-560, 1960)

FISCHER, S.: Zur Frage der Marknagelfraktur (Arch. f. orthop. u. Unfallchir. 46, 207-228,1953)

FRIEDBERGER, V.: Die Voraussetzung guter Erfolge bei Marknagelung (Chirurg 35, 292-298,1965)

FUCHS, G.: Erfahrungen bei der Behandlung gelenknaher Frakturen mit dem RUSH-Pin (Chirurg 32, 475-479,1961)

GEISER, M.: Beiträge zur Biologie der Knochenbruchheilung (Beilageheft 97 Zschr. Orthopädie, Enke, Stuttgart 1963)

GELBKE, H.: Die dynamische Osteosynthese nach RUSH, eine wertvolle Vervollständigung der Küntschernagelung (Chirurg 24, 529-534, 1954)

HACKETHAL, K.H.: Warum auch noch Bündelnagelung ? (Chirurg 34, 550-553, 1963)

HÄBLER, C.: Marknagelung nach KÜNTSCHER bei Schaftbrüchen der langen Röhrenknochen 2. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München 1950

HARNACH, J.: Die Anwendung des Marknagels bei der Behandlung der Brüche langer Röhrenknochen (Acta chir. orthop. Traum. cech. 20, 209-215, 1953)

HART, O.: Schwierigkeiten und Verwicklungen bei der Marknagelung von Knochenbrüchen Zbl. Chir. 70, 996-999, 1943)

HERRMANN, L.: Zu den Problemen der Küntschernagelung (Zbl. Chir. 85, 2258-2262, 1960)

HERRMANN, L.: Nagelbruch und -verbiegung als Spätkomplikation nach Marknagelung (Zbl. Chir. 85, 354-358, 1960)

KIRSCH, J.: Die Stabilität des Marknagels (Zbl. Chir. 86, 387-390,1961)

KNOBLOCH, J.: Zur Frage der Kallusbildung bei der Marknagelung (Acta chir. orthop. Traum. cech. 24, 266-273, 1957)

KOSLOWSKI, L., u. S. WELLER: Tücken der Marknagelung (Chirurg 33, 460-463, 1962)

KRAUSE, D.: Hüftkopfnekrose und Oberschenkelmarknagelung (Mschr. Unfallheilk. 68, 234-236,1965)

KÜNTSCHER, G.: Die stabile Osteosynthese
(Dtsch.Zschr. f. Chir. 270, 444-451,1951

DERS.: Über die Markhagelung der Tibiaschaftbrüche
(Langenbecks Arch.klin.Chir. 276, 217-224, 1953)

DERS.: Viel oder wenig Kallus ?
(Mschr. Unfallheilk. 56, 161-165,1953

DERS.: Das Aufweiten der Markhöhle bei der Behandlung der Pseudarthrose und der frischen Fraktur
(Chirurg 25, 209-214, 1954)

DERS.: Zur Frage der Marknagelfraktur
(Arch. f. orthop. u. Unfallchir. 46, 429-435, 1954)

DERS.: 15 Jahre Marknagelung in technischer Einsicht
(Med. Markt 4, 106-110,1955)

DERS.: Pseudarthrose nach Marknagelung
(Zschr. f. Orthop. 87, 225-230,1956)

DERS.: Ein entscheidendes Experiment der Knochenchirurgie
(Zbl. Chir. 81, 817-825,1956)

DERS.: Das Kallusproblem
(Arch. f. orthop. u. Unfallchir. 49, 1-14, 1957)

KÜNTSCHER, G.: Marknagelung oder Pinnung ?
(Chir. Praxis 1, 433-446, 1958)

DERS.: Die Technik des Aufweitens der Markhöhle
(Chirurg 30, 28-35, 1959)

DERS.: Die biologischen Gesetze der Knochenheilung
(Chirurg 32, 312-319, 1961)

DERS.: Fehler und Gefahren der Marknagelung
(Zbl. Chir. 86, 380-382, 1961)

DERS.: Praxis der Marknagelung
Friedrich Karl Schattauer Verl.,
Stuttgart 1962

DERS.: Die Form des Marknagels
(Zbl. Chir. 88, 1297-1301, 1963)

DERS.: Die Wahl des passenden Marknagels
(Chirurg 35, 114-117, 1964)

DERS.: Primäre Knochenheilung
Langenbecks Arch.klin.Chir. 308, 453-456, 1964)

DERS.: 25 Jahre Marknagelung
(Zbl. Chir. 90, 2257-2260, 1965)

LANZ, T.,u.
W. WACHSMUTH: Praktische Anatomie
Bd. I/4, Springer-Verl. 1959

LEITZ, G.: Die Grenzen der stabilen Osteosynthese
(Hefte Unfallheilk. 80, 154-156,1965)

LEXER, E.: Über die Entstehung von Pseudarthrosen nach Frakturen und nach Knochentransplantationen
(Langenbecks Arch.klin.Chir. 119, 520, 1922)

LINKE, E.: Der Drehfehler als Komplikation der intramedullären Fixation
(Zbl. Chir. 88, 1650-1654, 1963)

LOB, A.: Handbuch der Unfallbegutachtung Bd. I
Enke, Stuttgart 1961

DERS.: Die Fortschritte und Grenzen der Wiederherstellungschirurgie
(Vortrag vor der Nordwestdeutschen Universitätsgesellschaft in Wilhelmshaven 1967)

MAATZ, R.: Indikationsstellung zur Marknagelung
(Hefte Unfallheilk. 40, 46-49,1951)

DERS.: Der Drehfehler an Ober- und Unterschenkel nach Marknagelung
(Zbl. Chir. 87, 1373-1376, 1962)

MACH, F.: Von technischen Mängeln bei der Osteosynthese mit einem Marknagel nach KÜNTSCHER
Rohzl. Chir. 34, 475-479, 1955)

MARKUS, G.H.: Über Marknagelbrüche
(Klin. Med. (Wien) 2, 641-645, 1947)

MAURATH, J., u. H. CHRIST: Untersuchungen über die Stabilität der Osteosynthese von Schaftfrakturen mit dem KÜNTSCHER-Nagel
Arch.orthop.u.Unfallchir.55,422-431,1963

MAURATH, J., CHRIST, H., u. H. KÖBLER: Die Stabilität der Osteosynthese von Schaftfrakturen (Med. Welt 1965: 617-623)

MAURATH, J., CHRIST, H., u. H. KÖBLER: Kritische Betrachtung zu der Osteosynthese mit dem RUSH-Pin bei der Schaftfraktur (Arch. orthop. u. Unfallchir. 54, 347-356, 1962)

MAURATH, H., u. H. KÖBLER: Kann mit dem RUSH-Pin eine stabile Osteosynthese bei den Schaftfrakturen erreicht werden ? (Hefte Unfallheilk. 75, 159,1963)

MÜLLER, M.: Zur stabilen Osteosynthese in der Frakturbehandlung (Praxis 54, 672-673, 1965)

DERS.: Zur Frage der primären Frakturheilung nach Osteosynthese (Dtsch.med.Wschr. 90, 2366-2367, 1965)

NABAVI, M.H.: Heutige Indikationen konservativer und operativer Frakturbehandlung (Med. Welt 1966: 1077-1081)

PALMER, T.: Komplikationen und technische Probleme bei der Marknagelung (Acta chir. scand. 101, 484-488,1961)

PAUWELS, F.: Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates Springer, 1965

PEITSCH, H.: Ergebnisse der Marknagelung bei Schaftfrakturen der langen Röhrenknochen (Mschr. Unfallheilk. 63, 412-417, 1960)

POLIVKA, D.: Einige Ereignisse nach der Marknagelung nach KÜNTSCHER (Acta chir. orthop. traum. cech. 23, 147-150, 1956)

PROBST, J.: Indikation und Kontraindikation der Behandlung offener Knochenbrüche (Vortrag Fortbildungslehrgang über Kriegschirurgie der Akademie d. Sanitäts- und Gesundheitswesen der Bundeswehr, 16.7.196 Manuskript)

DERS.: Indikationen zur intramedullären Osteotomie (Chir. Plast. et Reconstr. 3, 174-179, 1967)

RAVASZ, J., u. Z. SOMOGYI: Fehler und Gefahren der Marknagelung (Zbl. Chir. 86, 384-390, 1961)

REHM, J.: Zur Marknagelung mit zusätzlicher Drahtumschlingung (Zbl. Chir. 88, 802-809, 1963)

REHM, J., u. D. UEBING: Die Behandlung von Frakturen langer Röhrenknochen mit dem Marknagel nach KÜNTSCHER (Arch. f. orthop. u. Unfallchir. 55, 82-109, 1963)

RUNNE, H.J., u. H. MORITZ: Korrosionsschäden und Metallosen nach Osteosynthesen (Zbl. Chir. 86, 2341-2349, 1961)

SANDER, E., u. S. GRAFE: Ist die primäre metallische Osteosynthese offener Frakturen gerechtfertigt ? (Zbl. Chir. 89, 1897-1899, 1964)

SPÄNGLER, H.: Ein seltener Zwischenfall bei der Marknagelung des Oberschenkels (Arch. f. orthop. u. Unfallchir. 52, 575-579, 1961)

SCHIMA, T.: Zur Marknagelung mit zusätzlicher Drahtumschlingung (Zbl. Chir. 89, 380-384, 1964)

SCHINK, W.: Indikation zur operativen Knochenbruchbehandlung (Chir. Praxis 6, 359-367, 1962)

SCHNABELMEIER, H., u. J. BLÜML: Korrosion und Metallose bei der Bündelnagelung (Langenbecks Arch. klin. Chir. 310, 13-21, 1965)

SCHRAMM, W.: Über die Nachbehandlung operierter Knochenbrüche (Mschr. f. Unfallheilk. 68, 406-412, 1965)

DERS.: Die Knocheneiterung nach offenen Frakturen und operativer Knochenbruchbehandlung (Verh. Dtsch. orthop. Ges. 51. Kongr. Frankfurt 1964)

SCHRECKENBACH, G.: Für und wider die primäre Marknagelung offener Knochenbrüche (Zbl. Chir. 88, 987-993, 1963)

TRUETA, J.: Die Nekrose des Hüftkopfes nach traumatischen Luxationen
(Verh. Dtsch. orthop. Ges. 50. Kongr. 1963)

TRUETA, J.,u. A. CAVADIAS: Vascular changes caused by the KÜNTSCHER type of nailing
(J. Bone and Jt. Surg. B-37, 442-444, 1955)

TYPOSSKY, K.: Die Grenzen der Marknagelung der Schenkelbrüche
(Acta chir. orthop. traum. cech. 24, 88-94, 1957)

WEHNER, W., MORGENSTERN, E., u. G. ZEUMER: Das Verhalten des intramedullären Drucks bei Markbohrung und Nagelung
(Zbl. Chir. 91, 209-215, 1966)

WITT, A.N.: Die Behandlung der Pseudarthrosen
Walter de Gruyter, Berlin 1952

ZITTEL, R.: Komplikationen bei der Marknagelung von Frakturen und ihre Verhütung
(Zbl. Chir. 87, 1481-1489, 1962)

Für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates sowie die freundliche Unterstützung möchte ich Herrn Professor Dr. med. A. Lob meinen verbindlichen Dank aussprechen.

Herrn Professor Dr. med. Dr. med. h.c. R. Zenker danke ich ergebenst für die Übernahme des Korreferates.

Eine angenehme Dankespflicht habe ich auch gegenüber Herrn Oberarzt Dr. med. H.J. Müller für die bereitwillige Unterstützung und sorgfältige Durchsicht meiner Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Oberarzt Dr. med. J. Probst für die Hilfe in wissenschaftlichen Fragen und die sorgfältige Korrektur der Arbeit.

L e b e n s l a u f

Am 28.6.1936 wurde ich in Pécs als Sohn des Kaufmann Josef Richter und dessen Ehefrau Gisela, geb. Podsztrelen geboren. Ich besuchte die Volksschule in Pécs und trat dann ins Gymnasium der Zisterzienser in Pécs ein. 1950 kam ich nach Budapest ins evangelische Gymnasium, wo ich im Sommer 1954 die Reifeprüfung ablegte. Nach den Wirren 1956 verließ ich meine Heimat und übersiedelte nach Köln. Dort begann ich im Wintersemester 1956/57 mein medizinisches Studium. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Sommersemester 1959, die ärztliche Prüfung im Sommersemester 1963.

Als cand. med. famulierte ich im Hildegardiskrankenhaus und im Annahospital in Köln. Seit Anfang 1964 war ich im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Duisburg, im Gemeindekrankenhaus Murnau und im Unfallkrankenhaus Murnau als Medizinalassistent tätig. Nach Abschluß meiner Medizinalassistententätigkeit wurde ich Assistenzarzt in der Anaesthesieabteilung im Unfallkrankenhaus Murnau.